

Grado en Ingeniería Mecánica  
2017-2018

*Trabajo Fin de Grado*

# “Desarrollo y análisis de envolvente para rotor de recuperador de calor”

---

Eduardo Figueroa Saiz

Tutor

Enrique Soriano Heras

Leganés, 3 de julio de 2018



*[Incluir en el caso del interés de su publicación en el archivo abierto]*

Esta obra se encuentra sujeta a la licencia Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada**



## 2. RESUMEN

Partiendo de la base de un desarrollo de un recuperador de calor, el cual, a partir de 2020, será necesaria su instalación en las nuevas edificaciones debido a las nuevas normativas que implican un gran ahorro energético. Este proyecto está enfocado en el desarrollo de una de las partes de dicho recuperador de calor, que es la designación de un rotor que cumpla con nuestra demanda y su envolvente, en el cual debe alojarse dicho rotor junto a los demás accesorios que permiten su correcto funcionamiento.

Nuestro rotor vendrá determinado por los requisitos que debe cumplir así como el espacio que disponemos dentro del propio rotor, el cual deberá pasar una serie de pruebas para que cumpla con las normativas y así determinar que es el correcto para nuestras especificaciones.

Posteriormente a la determinación del rotor, deberemos de desarrollar mediante diversos software el motor, el encargado de producir el movimiento de dicho rotor. Para una vez tener todas las dimensiones de los elementos que debemos de incluir en el interior del envolvente y organizar su disposición dentro del mismo y especificar el sistema de transmisión a utilizar.

Por último llevaremos a cabo el desarrollo del, ya mencionado, envolvente, desarrollando todas sus partes y los motivos de diseño de las mismas, como el proceso su fabricación, teniendo en cuenta tanto la fase de producción como la de armado donde también definiremos el sistema de fijación a utiliza en cada caso.

Una vez llevado a cabo todos estos pasos, obtendremos un intercambiador de calor por flujo por rotor, el cual cumple con todas las normativas y especificaciones, formando parte del conjunto total, denominado recuperador de calor.

## 2. ABSTRACT

Departing from the base of a development of a heat recuperador, which, from 2020, will be necessary his installation in the new buildings due to the new regulations that imply a great energetic saving. This project is focused in the development of one of the parts of saying recuperador of heat, which is the designation of a rotor that expires with our demand and his surrounding one, in which it has to of the above mentioned rotor lodging close to other accessories that allow his correct functioning.

Our rotor will come determined by the requirements that it must fulfill as well as the space that we arrange inside the own rotor, which will have to spend a series of tests in order that it expires with the regulations and like that to determine that it is the correct one for our specifications.

Later to the determination of the rotor, we will must develop by means of diverse software the engine, the manager of producing the movement of the above mentioned rotor. Once to have all the dimensions of the elements that we must include inside the surrounding one and organize his disposition inside the same one and specify the system of transmission to using.

Finally we will carry out the development of, already mentioned, surrounding, developing all his parts and the motives of design of the same ones, as the process his manufacture, having in it counts so much the phase of production as her of armed where also we will define the system of fixation to it uses in every case.

Once carried out all these steps, we will obtain a heat interchanger for flow for rotor, which expires with all the regulations and specifications, forming a part of the total, called set recuperador of heat.





### 3. ÍNDICE

1	Introducción .....	1
1.1	Contexto y motivación del proyecto.....	1
1.2	Objetivos de trabajo.....	3
2	Requisitos iniciales.....	5
2.1	Factores a tener en cuenta.....	5
2.1.1	Normativas.....	5
2.1.2	Dimensiones.....	6
2.2	Rotor.....	7
2.3	Ventilador.....	12
3	Desarrollo.....	15
3.1	Motor.....	15
3.2	Carcasa.....	15
3.2.1	Material.....	16
3.2.2	Piezas.....	17
3.2.2.1	Plegadora.....	18
3.2.2.2	Laterales.....	20
3.2.2.2.1	Producción.....	22
3.2.2.3	Esquina.....	25
3.2.2.3.1	Producción.....	26
3.2.2.4	Esquina soporte motor.....	28
3.2.2.4.1	Producción.....	29
3.2.2.5	Soporte eje motor.....	32
3.2.2.5.1	Soporte interior.....	32
3.2.2.5.1.1	Producción.....	33
3.2.2.5.2	Soporte exterior.....	35
3.2.2.5.2.1	Producción.....	36
3.2.3	Armado de las piezas.....	39
3.2.4	Fijación de las piezas.....	42
3.3	Sistema de transmisión .....	43
4	Conclusión.....	48
5	Bibliografía.....	49
6	Anexos.....	50

## 4. ÍNDICE DE IMÁGENES

Fig. 1 Esquema funcionamiento recuperador de calor .....	2
Fig. 2 Esquema funcionamiento intercambiador de calor de flujo cruzado .....	2
Fig. 3 Esquema funcionamiento intercambiador de calor de flujos paralelos.....	3
Fig. 4 Esquema funcionamiento de intercambiador de calor de flujos por calor .....	3
Fig. 5 Dimensiones cavidad para envolvente del rotor .....	6
Fig. 6 Acabado rotor con revestimiento epoxídico .....	7
Fig. 7 Acabado rotor con revestimiento higroscópico.....	7
Fig. 8 Acabado rotor con revestimiento sorption .....	8
Fig. 9 Acabado de rotor con revestimiento para ambientes marinos.....	8
Fig. 10 Interfaz software HEATEX.....	8
Fig. 11 Detalle valores de espesor de rotor del software HEATEX.....	9
Fig. 12 Gráfica relación caudal-presión de un ventilador .....	13
Fig. 13 Especificaciones motor software Enventus.....	15
Fig. 14 Plegadora.....	18
Fig. 15 Disposición matriz y punzón dentro de la plegadora .....	18
Fig. 16 Representación plegado al aire.....	19
Fig. 17 Representación plegado a fondo de matriz .....	19
Fig. 18 Detalle forma de los pliegues de los laterales .....	21
Fig. 19 Conjunto carcasa y rotor sin fundas elásticas.....	22
Fig. 20 conjunto carcasa y rotor con las fundas elásticas.....	22
Fig. 21 Configuración plegadora para la producción de los laterales .....	23
Fig. 22 Lateral sin plegar.....	23
Fig. 23 Primer plegado del lateral .....	24
Fig. 24 Segundo plegado del lateral .....	24
Fig. 25 Tercer plegado del lateral.....	24
Fig. 26 Cuarto plegado del lateral .....	25
Fig. 27 Quinto plegado del lateral .....	25
Fig. 28 Sexto plegado del lateral .....	25
Fig. 29 Colocación y forma de las esquinas dentro del envolvente .....	26
Fig. 30 Conformado para rosca .....	26
Fig. 31 Configuración plegadora para la producción de las esquinas .....	27
Fig. 32 Esquina sin plegar .....	27
Fig. 33 Primer plegado de la esquina .....	28
Fig. 34 Segundo plegado de la esquina .....	28
Fig. 35 Tercer plegado de la esquina.....	28
Fig. 36 Detalle forma del soporte para el motor.....	29
Fig. 37 Armado esquina para soporte del motor y el motor.....	29
Fig. 38 Configuración plegadora para la producción esquina para soporte del motor...	30
Fig. 39 Esquina soporte para el motor sin plegar .....	30
Fig. 40 Primer plegado esquina soporte motor.....	31

Fig. 41 Segundo plegado esquina soporte motor.....	31
Fig. 42 Tercer plegado esquina soporte motor .....	32
Fig. 43 Cuarto plegado esquina soporte motor.....	32
Fig. 44 Quinto plegado esquina soporte motor.....	32
Fig. 45 Distancia entre las dos superficies de apoyo del soporte interior .....	33
Fig. 46 Distancia entre las dos superficies donde debe apoyar el soporte interior.....	33
Fig. 47 Configuración plegadora para la producción del soporte interior.....	34
Fig. 48 Soporte interior sin plegar .....	34
Fig. 49 Primer pliegue soporte interior.....	35
Fig. 50 Segundo plegado soporte interior.....	35
Fig. 51 Lugar de fijación entre soporte interior y exterior .....	36
Fig. 52 Lugar de fijación entre soporte exterior y lateral .....	36
Fig. 53 Lugar de fijación de los cepillos .....	36
Fig. 54 Configuración plegadora para la producción del soporte exterior .....	37
Fig. 55 Soporte exterior sin plegar .....	37
Fig. 56 Primer plegado soporte exterior .....	38
Fig. 57 Segundo plegado soporte exterior .....	38
Fig. 58 Tercer plegado soporte exterior.....	38
Fig. 59 Cuarto plegado soporte exterior .....	39
Fig. 60 Quinto plegado soporte exterior.....	39
Fig. 61 Sexto plegado soporte exterior.....	39
Fig. 62 Armado completo del envolvente .....	40
Fig. 63 Armado lateral, esquinas y esquina soporte motor .....	40
Fig. 64 Armado ambos laterales con todas las esquinas.....	41
Fig. 65 Prearmado soporte interior y exterior .....	41
Fig. 66 Armado prearmado soportes y laterales .....	41
Fig. 67 Conjunto final.....	42
Fig. 68 Fijación esquinas y laterales.....	42
Fig. 69 Composición correa trapecial.....	44
Fig. 70 Gráfica sección de correa .....	45
Fig. 71 Interfaz software del SIT .....	46
Fig. 72 Interfaz software de SIT con parámetros rellenos.....	46



## **CÁPITULO 1: INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Contexto y motivación del proyecto**

En los últimos años, las empresas dedicadas al desarrollo de recuperadores de calor han estado invirtiendo grandes cantidades de su tiempo y dinero para el desarrollo de los mismos. El número de empresas a día de hoy es muy pequeño, si lo comparamos con otros sectores como el automovilístico, pero si se está levantando un gran interés en ciertas empresas.

¿A qué se debe este interés? Este interés está relacionado con la existencia de unas normativas tanto españolas como europeas. Los líderes de la Unión Europea se comprometieron a reducir para 2020 el consumo de energía en un 20% y en un 27% para 2030. Esto lo que implica es una utilización de los recuperadores de calor en todas las nuevas construcciones a partir del 2020 ya que las normativas con respecto a la eficiencia energética se han endurecido, pero el resto de normas como el RITE sigue manteniendo los mismos valores de calidad de aire en el interior de una vivienda. Este es el principal motivo para llevar a cabo el desarrollo de este tipo de tecnología por las empresas ya que, en un futuro muy cercano, va a ser indispensable su utilización.

¿Qué son los recuperadores de calor? Debido a la normativa anteriormente mencionada (RITE), existe una necesidad de renovar parte del aire viciado del interior mediante la inyección de aire limpio del exterior, recordamos que, para ellos, es necesario disponer de ventilación mecánica, con ventiladores de impulsión de aire exterior y ventiladores de extracción de aire. Los recuperadores de calor son equipos cuya función es aprovechar las propiedades psicrométricas del aire que extraemos del local, e intercambiarlas con el aire de ventilación que impulsamos del exterior, en el proceso no se produce contacto entre el aire exterior e interior. Con esto conseguimos precalentar o preenfriar el aire que entra en el local, por lo tanto, obtenemos un ahorro energético ya que los sistemas de climatización tienen que combatir una carga térmica mucho menor.

¿Cómo funciona un recuperador de calor? Con la imagen que tenemos a continuación podemos entender fácilmente su funcionamiento.

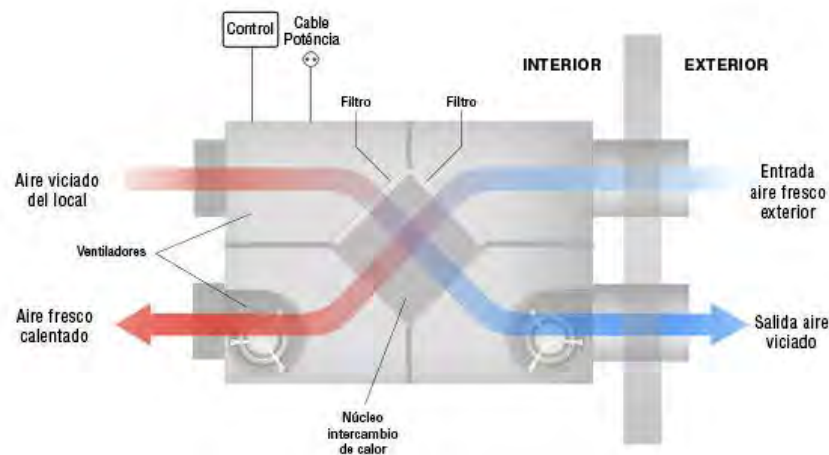


Fig. 1 Esquema funcionamiento recuperador de calor

Su funcionamiento es muy sencillo. En invierno un recuperador de calor nos calentará el aire frío del interior, en cambio, en verano nos permite enfriar el aire caliente del exterior. Todo esto es posible gracias a la zona que aparece en la imagen señalada como núcleo intercambio de calor, es decir, el intercambiador de calor.

¿Qué tipos de intercambiador de calor existen? Actualmente existen tres tipos de intercambiadores de calor y, por consecuencia, tres tipos de recuperadores de calor.

- Intercambiadores de flujos cruzados: los caudales de aire de impulsión y extracción se cruzan en el interior del intercambiador de manera perpendicular uno del otro. Con una eficiencia de entre el 50% y el 85%.



Fig. 2 Esquema funcionamiento intercambiador de calor de flujo cruzado

- Intercambiadores de flujos paralelos: los caudales de aire de impulsión y de extracción circulan paralelos y a contracorriente en el interior del intercambiador, con lo que el tiempo y la superficie de intercambio es mayor, y por lo tanto, se incrementa la capacidad de recuperación. Con una eficiencia aproximada del 90%.



Fig. 3 Esquema funcionamiento intercambiador de calor de flujos paralelos

- Intercambiadores de flujos por rotor: el intercambio de calor se produce gracias al movimiento rotativo del propio intercambiador. Las celdas metálicas del intercambiador son calentadas por el flujo caliente que pasa a través de ellas. Posteriormente estas mismas celdas ceden el calor al flujo de aire frío. Con este tipo de intercambiador se pueden llegar a conseguir eficiencias del 85%.

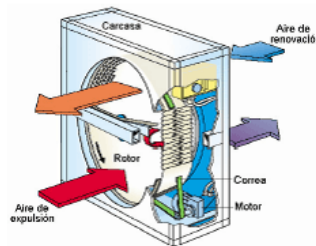


Fig. 4 Esquema funcionamiento de intercambiador de calor de flujos por calor

## 1.2 Objetivos de trabajo

El recuperador de calor que vamos a desarrollar en este trabajo es el recuperador de calor con intercambiador de flujos por rotor residencial. Por ellos, los objetivos de este proyecto son:

- 1- Definir los requisitos iniciales de nuestro recuperador de calor a estudiar.
- 2- Definir el rotor necesario para cubrir los requisitos inicialmente planteados.
- 3- Definir el motor eléctrico necesario para el movimiento de dicho rotor.
- 4- Definir el sistema de transmisión de potencia entre el motor y rotor.
- 5- Definir y diseñar un envolvente para poder albergar el rotor y todos sus componentes en el interior del recuperador de calor.





## **CÁPITULO 2: REQUISITOS INICIALES**

### **2.1 Factores a tener en cuenta**

La elección de un recuperador de calor por flujo por rotor se basa en que nuestro recuperador está destinado a lugares donde las temperaturas exteriores son muy bajas, con lo que con este tipo de recuperadores evitamos el principal problema que tienen el resto de recuperadores, que es la congelación de las partículas de agua, que se encuentran en la humedad, en el flujo que sale del interior de la vivienda.

#### **2.1.1 Normativas**

Uno de los factores principales a tener en cuenta antes de llevar a cabo el desarrollo de nuestro rotor debemos conocer, de manera más extensa y exacta, la normativa que aplica sobre este tipo de recuperadores.

El Reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE) es uno de los documentos que no es obligatorio cumplimiento para el diseño de un recuperador pero es aconsejable seguir ya que en él se encuentran recogidas todas las instrucciones técnicas necesarias para la construcción de una nueva vivienda y, nuestro recuperador, debe cumplir las exigencias de este reglamento para que así sea viable su utilización.

La instrucción técnica 1.1.4, en concreto, la 1.1.4.1 y la 1.1.4.2 sobre la exigencia de calidad térmica del ambiente y la exigencia de calidad del aire interior (Anexo A). En la instrucción técnica IT 1.1.4.1.2 podemos ver uno de los motivos más importantes a la hora de la elección de nuestro tipo de intercambiador por parte del comprador, en nuestro caso, como ya se ha mencionado anteriormente, de rotor, es la necesidad de garantizar unos valores de humedad relativa, cosa, que por el contrario, es muy difícil de asegurar mediante intercambiadores de flujo cruzado o de flujo en paralelo a contracorriente.

Como podemos ver en la documentación del Anexo B sobre la instrucción técnica 1.2.4, en el apartado 1.2.4.1.2.1, en el punto número 12 podemos ver cómo nos hace referencia a que nuestros recuperadores de calor no se encuentran recogidos en el RITE, por lo tanto, se encuentran sujetos a la normativa europea en vigor.

La normativa europea que refiere a los requisitos de diseño ecológico aplicable a las unidades de ventilación es la directiva 2009/125/CE del parlamento Europeo del Consejo (Anexo C). El punto más importante, es el que viene desarrollado en el artículo 3, apartados 2 y 4, sobre los requisitos de diseño ecológico aplicable a las unidades de ventilación residenciales, donde nos hablan del rendimiento que debe de tener nuestro recuperador, a partir del 1 de enero de 2018, con un valor del 73%, pero, en la actualidad, este valor debe ser superior o igual al 80% ya que el resto de fabricantes ya garantizan ese rendimiento como mínimo. El último parámetro que nos falta por

determinar es el caudal del flujo que pasa por el rotor, en esta normativa, en el artículo 2 nos muestra que no tenemos un límite de caudal establecido ya que, como tenemos un intercambiador por rotor de ventilación residencial, podemos determinarlo bajo nuestro criterio de diseño.

También fatal por mencionar la norma EN 13141-7 la cual en el apartado 6.3.2.5 (Anexo D) nos determina las condiciones de temperatura a las cuales debemos hacer las pruebas de nuestro rotor. Como se puede ver en la tabla de este apartado nos habla de dos tipos de categorías de recuperadores de calor, esta especificación se encuentra en el apartado 3.2 (Anexo E) en el cual encontramos la definición de las dos categorías, en nuestro caso, nos encontramos en la categoría 2 ya que es el que hace referencia a los rotores.

Por último, hay que mencionar la norma EN 308:1997, la cual es la antecesora a la EN 13141, donde en su apartado 4.8 (Anexo F) nos menciona las condiciones de referencia que debemos de disponer para nuestro cálculos.

### 2.1.2 Dimensiones

Otro de los factores a tener en cuenta, a parte de las normativas e instrucciones técnicas, tenemos las dimensiones que dispones en el interior del recuperador de calor, ya que estas nos vienen delimitadas con anterioridad al diseño del envolvente, esto es debido a que el recuperador que estamos desarrollando debe de tener las dimensiones más pequeñas posibles, para ellos, en otros proyectos se han realizado el desarrollo de los demás componentes otorgando una dimensiones finales como las que se muestran en la siguiente imagen.

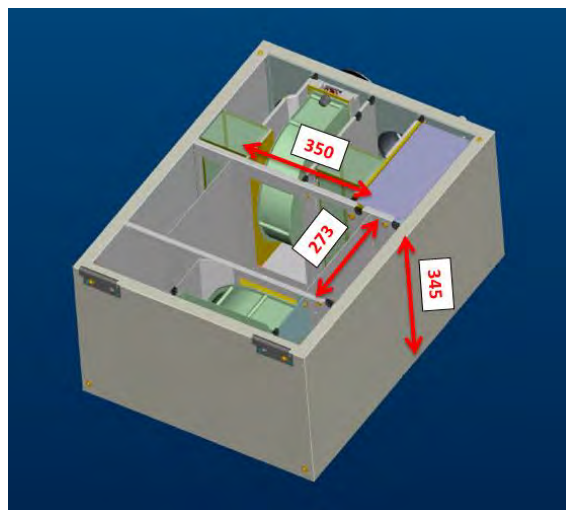


Fig. 5 Dimensiones cavidad para envolvente del rotor

En la imagen anterior, se puede observar un diseño 3D de nuestro recuperador de calor, marcando con flechas rojas el espacio que disponemos para la colocación de

nuestra carcasa con el rotor. El tamaño que disponemos es de un rectángulo de 273x350 por 345 de fondo.

## 2.2 Rotor

Los recuperadores de calor de flujo por rotor aire-aire están constituidos por un rotor cilíndrico, el cual contiene miles de canales, caracterizado por un altísimo desarrollo superficial, bastidor de alojamiento (con una junta de escobilla para asegurar una mayor estanqueidad entre el flujo de aire de introducción y expulsión) y un motor eléctrico dotado de un regulador de velocidad encargado del accionamiento de dicho rotor. Todos estas partes las desarrollaremos más adelante (capítulo 3), en esta nos vamos a centrar únicamente en el rotor.

El rotor es considerado como el principal organismo de un recuperador de calor, para su construcción suele emplearse aluminio.

¿Por qué elegimos el aluminio? Debido a las aplicaciones a las que está destinado nuestro recuperador de calor, las características físicas de aluminio (resistencia a la corrosión, no-inflamabilidad, duración) resultan aptas para casi todas ellas.

Una vez que ya hemos definido el material de nuestro rotor, solo nos queda por definir el tratamiento al que está sometido. Existen cuatro tipos de tratamientos:

- Tratamiento AC (revestimiento epoxídico): para los ambientes con atmosfera agresiva, el rotor se protege con un revestimiento de pintura no tóxica resistente a la corrosión. El revestimiento de pintura del rotor se realiza envolviendo la cinta de aluminio ya dotada de protección.

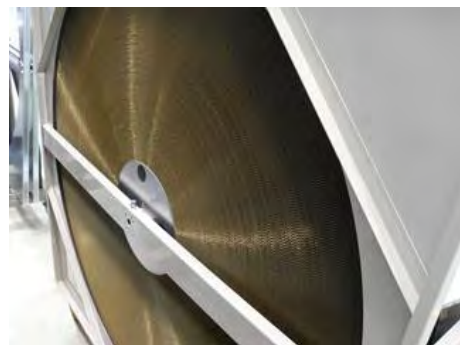


Fig. 6 Acabado rotor con revestimiento epoxídico

- Tratamiento AT (revestimiento higroscópico): para que el rotor resulte higroscópico, a la matriz de aluminio que da forma al rotor se la trata químicamente con una solución alcalina de carbonato de potasio para crear una superficie oxidada. A nivel microscópico, la oxidación otorga porosidad a la superficie permitiendo la

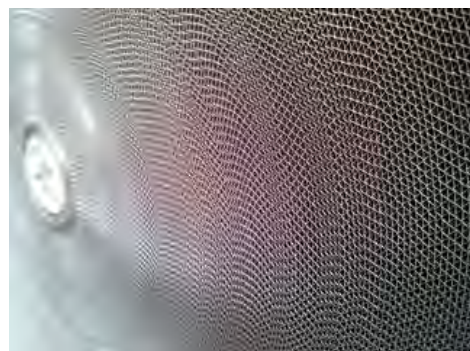


Fig. 7 Acabado rotor con revestimiento higroscópico

transferencia de humedad entre las dos corrientes de aire.

- Tratamiento AR (revestimiento sorption): el rotor se construye con un aluminio higroscópico especial que garantiza prestaciones elevadas.



Fig. 8 Acabado rotor con revestimiento sorption

- Tratamiento AS (revestimiento para ambientes marinos): la matriz de aluminio estándar que forma el rotor se le somete a un tratamiento resistente a los ambientes marinos. Este material también se puede asociar al tratamiento AR y AT.



Fig. 9 Acabado de rotor con revestimiento para ambientes marinos

Con todos los datos que se han expuestos, tanto en el apartado anterior como en este, vamos a realizar el estudio de los distintos modelos que podrían cumplir con nuestros requisitos. El software que vamos a utilizar nos lo facilita la empresa encargada del suministro de los propios rotores, Heatex.

The screenshot shows the HEATEX software interface with the following elements highlighted:

- 1**: Points to the **Cálculo** (Calculation) tab.
- 2**: Points to the **Espesor del rotor** (Rotor thickness) field, which is set to 200.
- 3**: Points to the **Revestimiento** (Coating) selection list, which includes options like Al, Epoxy, Entalpia (Hybrid), Adsorción (sílica gel), and Adsorción (molecular sieve).

Other visible fields include: **Flujo de aire en** (Air flow in), **Temperatura en** (Temperature in), **HR%** (Relative humidity), **Díametro exterior** (Outer diameter), **Velocidad de rotación** (Rotation speed), **Presión de entrada** (Inlet pressure), and **Diferencia de** (Difference).

Fig. 10 Interfaz software HEATEX

En la imagen anterior se puede observar la interfaz del programa de Heatex (Heatex Select) donde vienen marcados los parámetros que vamos a rellenar para obtener las diferentes alternativas de rotores.

En el cuadro 1, podemos ver los términos de:

- Flujo de aire: este valor está determinado por el propio diseñador del rotor, sin estar sujeto a ningún valor mínimo ni máximo. El valor que vamos a establecer es el de 200 m<sup>3</sup>/h. Este valor que hemos dado representa el valor máximo de nuestro rotor, de manera general, se suele trabajar a un 70% de dicho valor, por lo que el valor que debemos introducir será 140 m<sup>3</sup>/h.
- Temperatura: este parámetro está recogido, como ya hemos mencionado antes, en la norma EN 13143-7 artículo 6.3.2.5 (Anexo D). Como nuestro recuperador es de categoría II tendremos que hacer las pruebas para los valores del punto 1 (T<sub>extract air</sub>=20°C y T<sub>outdoor air</sub>=7°C), punto 2 (T<sub>extract air</sub>=20°C y T<sub>outdoor air</sub>=2°C) y punto 4 (T<sub>extract air</sub>=20°C y T<sub>outdoor air</sub>=-15°C). Este último le realizamos ya que nuestro rotor debe estar diseñado para ambientes fríos.
- HR% o humedad relativa: este valor viene establecido por la norma EN 308:1997 (Anexo F) en la cual nos hace referencia a una humedad relativa del 50%.

En la zona 2, encontramos las dimensiones.

- Diámetro exterior: vamos a buscar un rotor con un diámetro de 250mm ya que como hemos visto en el apartado anterior, en la parte de dimensiones, disponemos de un espacio de 350x345mm, en el cual deben encontrarse la carcasa y el motor para el rotor y el propio rotor. No elegimos un valor superior ya que el siguiente valor, que podemos seleccionar, es de 300mm, por lo que no tendríamos espacio dentro del recuperador.
- Espesor del rotor: el valor que fijaremos será el de 200 ya que es el valor máximo que nos permite el programa y, además, cumple con los requisitos de dimensiones (273mm).

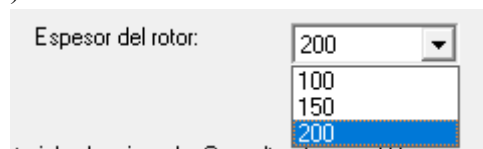


Fig. 11 Detalle valores de espesor de rotor del software HEATEX



- Versión de altura de canal: como se puede observar en las fotos de los distintos acabados de rotor, el interior de esta formada de pequeños canales, los cuales afectara al flujo de aire que circula por ellos, otorgando unas características diferentes según su valor. Este valor será uno de los parámetros que deberemos de modificar para cada una de las alternativas

Por último, en la zona 3, tenemos la elección del acabado que queremos aplicar al aluminio, como ya hemos explicado anteriormente. El acabado que vamos a aplicar es el denominado por el programa como adsorción o como hemos llamado la parte de tratamientos tratamiento AR (revestimiento sorption). Dentro del programa podemos ver que existen dos tipos de adsorción, silica gel y molecular sieve, en nuestro caso vamos a elegir molecular sieve ya que es la mejor tecnología existente, actualmente, en el mercado. En cuanto a la elección de la absorción con respecto al resto, es debido a que es el tratamiento que nos proporciona la mayor eficiencia energética.

El resto de valores que aparecen en la interfaz, nos los facilita el propio programa.

Una vez que tenemos definidos todos los parámetros que tenemos de que poner en el programa, vamos a pasar a analizar los resultados que nos dan para las diferentes pruebas. Como el programa nos genera, automáticamente, un informe, vamos a proceder a mencionar la prueba en la que nos encontramos, basadas en la mencionada norma EN 13141-7 capítulo 6.3.2.5 (Anexo D), y los datos más importantes del informe, teniendo el informe completo en el anexo. Para los valores de pérdida de presión siempre cogeremos el mayor valor y, con respecto a la eficiencia energética, el valor menor, de esta manera siempre tendremos el valor más restrictivo. También cabe destacar que solo existen tres tipos de rotores que cumplan con todas los requisitos que hemos mencionado antes, los cuales van a ser sometidos a las tres diferentes pruebas. La única diferencia que existe entre los tres es, como se va a observar en los resultados, es la altura del canal.

Prueba según punto 1:

- Anexo G
  - o Altura de canal → 2mm
  - o Pérdida de carga → 81Pa
  - o Eficiencia energética → 82%
- Anexo H
  - o Altura de canal → 1,8mm
  - o Pérdida de carga → 104Pa
  - o Eficiencia energética → 84%
- Anexo I
  - o Altura de canal → 1,6mm
  - o Pérdida de carga → 137Pa

- Eficiencia energética → 86%

Prueba según punto 2:

- Anexo J
  - Altura de canal → 2mm
  - Pérdida de carga → 83Pa
  - Eficiencia energética → 82%
- Anexo K
  - Altura de canal → 1,8mm
  - Pérdida de carga → 105Pa
  - Eficiencia energética → 84%
- Anexo L
  - Altura de canal → 1,6mm
  - Pérdida de carga → 139Pa
  - Eficiencia energética → 85%

Prueba según punto 3:

- Anexo M
  - Altura de canal → 2mm
  - Pérdida de carga → 88Pa
  - Eficiencia energética → 81%
- Anexo N
  - Altura de canal → 1,8mm
  - Pérdida de carga → 112Pa
  - Eficiencia energética → 83%
- Anexo O
  - Altura de canal → 1,6mm
  - Pérdida de carga → 148Pa
  - Eficiencia energética → 85%

Para poder llevar a cabo la elección de uno de los rotores debemos basarnos en la relación entre la caída de presión y la eficiencia energética que nos proporcionan.

Como podemos ver en los datos que nos ha proporcionado los rotores según las diferentes pruebas, vemos como todos los rotores que hemos calculado superan el requisito del 73% en cuanto a la eficiencia energética y, también, el 80% en cuanto a las exigencias del mercado, por lo que todos los rotores nos valdrían para nuestros requisitos. Por lo tanto, el factor que nos va a determinar la elección del rotor es la caída de presión, la cual debe de ser la menor posible, para así poder utilizar un ventilador de menor potencia, como explicaremos en el siguiente apartado.



En conclusión, el rotor idóneo para este recuperador de calor sería el que viene recogido en los anexos G, J y M, que es el siguiente:

- Diámetro exterior → 250mm
- Espesor del rotor → 200mm
- Altura de canal → 2mm
- Tratamiento → adsorción (molecular sieve)

### 2.3 Ventilador

El ventilador es un aparato muy importante dentro de un recuperador de calor, ya que es el encargado de impulsar el aire hacia el rotor y de proporcionar una carga suficiente para poder cubrir toda la caída de presión que sufre el recuperador de calor. Por lo que una vez que tenemos definido el rotor vamos a proceder a realizar el cálculo de la caída de presión que sufre nuestro recuperador de calor para así poder estimar el ventilador.

Por la disposición dentro del recuperador de calor, el ventilador debe de ser centrífugo ya que debemos cambiar la dirección del aire, en un ángulo de 90°, entre la entrada y la salida del mismo.

Para poder saber la presión que nos tiene que suministrar el ventilador debemos saber cuánta es esa presión, para ello la vamos a dividir en tres partes. La primera parte está relacionada con la caída de presión que se produce en el rotor que hemos calculado en el apartado anterior, la segunda parte sería la caída de presión que tiene lugar en el filtro y, por último, la pérdida en el resto de la instalación, la cual podemos estimar en un valor de 100Pa.

Para saber la caída de presión en el rotor vamos a tomar como referencia la que hemos obtenido en la prueba según el punto 3, de la norma EN 13141-7 capítulo 6.3.2.5 (Anexo D). En esta prueba tenemos un valor de 88 Pa con un flujo de 140 m<sup>3</sup>/h, es decir, al 70% del flujo máximo. Para la elección del ventilador vamos a tener que tomar los datos con un flujo de 200 m<sup>3</sup>/h ya que sería el valor máximo al podríamos funcionar. Para ello vamos a realizar la prueba según el punto 3 (Anexo D), de la norma EN 13141-7 capítulo 6.3.2.5, pero con un flujo de 200 m<sup>3</sup>/h, la elección de la prueba según el punto 3 es debido a que es la prueba más exigente de las tres, de tal manera que si el ventilador supera la caída de presión de esta prueba, que es la mayor, superará el resto de condiciones.

Los resultados de la prueba del rotor (Anexo P) podemos ver como la caída de presión ha aumentado de 88 Pa a 126 Pa y sufriendo una bajada de eficiencia energética hasta el 76% pero superior al 73% mínimo.

Para el cálculo de la caída de presión del filtro tenemos en el Anexo Q tenemos la documentación técnica del filtro, en la cual podemos observar que la caída de presión es de 130 Pa (initial pressure drop). La elección de esta caída de presión, que coincide con la menor, es debido a que las pruebas de ensayo que se realizan sobre los ventiladores se llevan a cabo con los filtros nuevos, es decir, con el valor mínimo de pérdida de carga.

Una vez que tenemos todas las caídas de presión calculadas procederemos a sumarlas, para así obtener su valor total. Vamos a realizar dos simulaciones, una en la condiciones de trabajo, 140 m<sup>3</sup>/h, y otra en la condiciones máximas de trabajo, 200<sup>3</sup>/h.

- Condiciones máximas:  $126 + 130 + 100 = 356 \text{ Pa}$
- Condiciones de trabajo:  $88 + 130 + 100 = 318 \text{ Pa}$

Mediante un programa que proporciona EBMPAST, distribuidora de ventiladores, procedemos a seleccionar uno ventilador que cumpla con nuestras especificaciones. El ventilador que más se aproxima es el R3G175-RC05-03, el cual tenemos sus especificaciones en condiciones de trabajo en Anexo R y en condiciones máximas en el Anexo S.

La elección de este ventilador se debe a que, como se puede observar en la siguiente fotografía, la zona en la que nos encontramos en nuestro ventilador correspondería, más o menos, con línea que une los puntos 4-8-12-16 donde sí se produce una variación del caudal conseguimos unas grandes variaciones de la presión que asumirían tanto el incremento como la reducción de caída de presión del rotor, ya que es el único elemento que más fluctúa con el cambio de caudal de flujo.

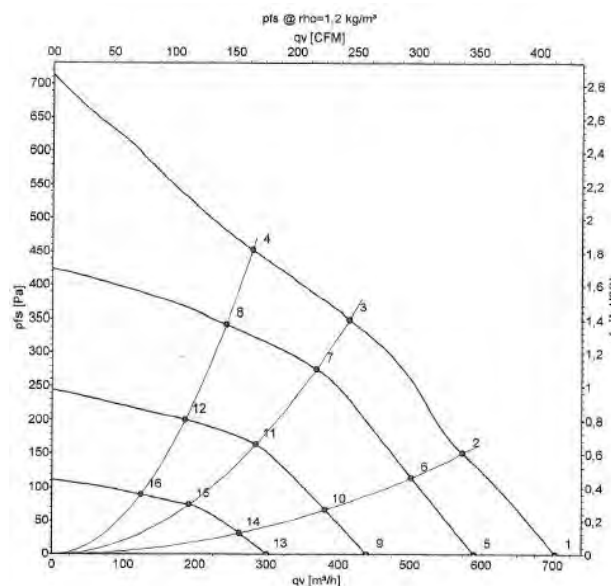


Fig. 12 Gráfica relación caudal-presión de un ventilador

A la hora de la elección de un ventilador siempre vamos a priorizar que su línea de funcionamiento se encuentre cerca de la línea 4-8-12-16 de la foto, como podemos comprobar en el Anexo R y Anexo S.

Otro de los motivos de su elección es que disponemos de un margen de presión con respecto al calculado en este mismo apartado. Con esto podemos conseguir que los filtros, anteriormente mencionado como nuevos, puedan comenzar a colmatarse y así poder aumentar la vida de los mismos, ya que una vez que se supera la presión que otorga el ventilador dejarían de funcionar.

## CÁPITULO 3: DESARROLLO

### 3.1 Motor

Para la elección del motor vamos a utilizar un programa, similar al que hemos utilizado para determinar el rotor, llamado Enventus, el cual permite crear nuestro rotor y mostrarnos el motor necesario para su funcionamiento. Los datos que metemos son los mismos que hemos utilizado en el apartado 2.3 para el cálculo del ventilador, salvo que el diámetro del rotor que vamos a utilizar ya no es de 250mm sino que será de 300mm, ya que así de esa manera tenemos un coeficiente de seguridad mayor al instalarlo en un rotor de menor diámetro y, por tanto, de mejor peso. Cuando realizamos el programa con estos parámetros obtenemos los datos del anexo AH, del cual vamos a tomar como referencia los siguientes datos:

Motor	SPG40-3V	0,04	kW
Conn. Voltage		3x220	V
Rated current		0,39	A

Fig. 13 Especificaciones motor software Enventus

Una vez que tenemos la especificación de motor para nuestro rotor (SPG40-3V), buscamos sus características técnicas, las cuales se encuentran en el anexo AG. El modelo que debemos de elegir dentro de la tabla que aparece es el que tiene el nombre S9I40GT, el cual existe de 60Hz y 50Hz, quedándonos con el de 50Hz. Los datos que debemos extraer de este rotor es el par que es capaz de darnos, es decir, 0,3N.m, el motivo por el que no nos quedamos con el resto de valores es debido al gran número de revoluciones por minuto que nos proporciona, 1350rpm, cuando nuestro objetivo está en un máximo de 30rpm, para ello sería necesario la instalación de una reductora, cosa que encarecería mucho el precio de motor.

Por el motivo anteriormente mencionado debemos de buscar un motor de baja velocidad, de velocidad regulable sin que se produzca una reducción de par y un par superior a 0,3 que nos ha dado la simulación del software Enventus. Para ello buscamos en una empresa llamada Motec Electric, la cual se encarga de realizar motores de baja velocidad con un par alto. Obteniendo de esta manera el rotor definitivo del anexo AI.

### 3.2 Carcasa

Lo último que nos queda por desarrollar la carcasa o envolvente que va a servir de soporte para nuestro rotor, motor eléctrico que producirá el movimiento del mismo y el sistema de estanqueidad para separar los dos flujos.

El desarrollo de la carcasa la tenemos sujeta a unos parámetros que debemos cumplir, los cuales son:

- El espacio que disponemos en el interior de nuestro intercambiador.
- Tamaño de nuestro rotor determinado en el punto 2 del capítulo 2.
- Fabricación mediante plegadoras.

### 3.2.1 Material

Uno de los primeros pasos para realizar el desarrollo de la carcasa es determinar el material con el que lo vamos a fabricar, teniendo este como característica principal evitar la oxidación ya que se trata de un elemento que no está recubierto de ningún tipo de pintura.

Con esta premisa inicial, podemos encontrar tres tipos de materiales que cumplen con nuestros requisitos:

- Acero inoxidable: es una aleación de hierro y carbono que contiene como mínimo, por definición, un 10.5% de cromo, algunos otros contienen elementos como níquel y molibdeno. Estos aceros son resistente a la corrosión, el cromo que contiene posee gran afinidad por el oxígeno y reacciona a él, formando una capa pasiva que evita la corrosión del hierro.
- Aceros electrocincados: los aceros son sometidos a un proceso de deposición electrolítica en baños (UNE EN ISO 2081 ó 10152), la capa de zinc es mucho más fina (5-20 micras) motivo por el cual se suele realizar un proceso de pasivado (tratamiento que incrementa la protección) posteriormente, aun así la durabilidad es mucho menor.
- Aceros galvanizados (por inmersión en caliente): las piezas de acero se sumergen en zinc fundido, a una temperatura aproximada de 450°C; dependiendo de la técnica que se utilice podemos obtener recubrimientos bajos (7-42 micras) mediante el galvanizado en continuo o sendzimir (UNE EN ISO 10346) o de recubrimientos altos mediante el galvanizado general (UNE EN ISO 1461). Este tratamiento aporta a estos materiales una excelente protección ante la corrosión ya que añade a la propia barrera física del recubrimiento, la acción galvánica del zinc. También, debido a que el zinc se alea metalúrgicamente con el acero genera unas capas muy resistentes a los golpes y de gran dureza.

El material con el que vamos a realizar la carcasa es acero galvanizado en caliente ya que contiene una serie de propiedades que hacen que sea la protección más eficaz contra la corrosión. A continuación vamos a plantear las razones de la elección.

Primera. La duración de los recubrimientos es extremadamente alta. Debido a la experiencia sobre el galvanizado en todo el mundo se ha podido conseguir, con bastante exactitud, la durabilidad de esta protección. Por ejemplo, un recubrimiento de galvanizado de espesor 70 micras puede proteger a las piezas sin ningún tipo de mantenimiento durante más de 100 años en atmósferas rurales, entre 35 y 70 años en ambientes de baja salinidad o rurales, y entre 17 y 35 años en ambientes de salinidad normal o industriales. En contraposición, los recubrimientos electrolíticos de zinc, que

disponen de espesores menores (entre 5 y 20 micras) no pueden garantizar estos valores de durabilidad.

Segunda. Los recubrimientos de galvanizados protegen al acero de tres maneras distintas: constituyendo una barrera que se corroe a una velocidad 10 a 30 veces menor que el acero; proporciona protección catódica a las pequeñas partes que puedan quedar descubiertas como arañazos, bordes de corte, etc...; y sacrificándose e impidiendo por tanto que en estas mismas zonas se forme óxido de hierro, principal causa de fallo de las pinturas.

Tercera. Gracias a la forma de obtención del recubrimiento galvánico, que consiste en la inmersión de manera íntegra en un baño de zinc, la totalidad de las superficies quedan recubiertas tanto interior como exteriormente.

Cuarta. El galvanizado en caliente produce un recubrimiento de zinc que está unido metalúrgicamente al acero a través de una serie de capas de aleaciones de zinc-hierro. Esta característica no la tiene ningún otro recubrimiento, la cual le otorga una gran resistencia a la abrasión y los golpes.

Quinta. Protege al acero tanto de la corrosión atmosférica como de la provocada por las aguas o el terreno. En nuestro caso el agua es un factor muy importante ya que se puede producir fugas.

Sexta. El mantenimiento es innecesario. La elevada duración de la protección provoca que, normalmente, dure más que la vida de servicio de la máquina.

Séptima. El galvanizado es un proceso controlado y sencillo, de tal manera que nos permite tener recubrimientos de zinc de calidad y de espesores regulados, de tal manera que se pueda garantizar los años de protección de manera segura sin probabilidad de error.

Octava. Es el proceso más económico de todos los procesos conocidos de protección a largo plazo del acero.

Novena. Los elementos que forman parte de una construcción galvánica pueden ensamblarse de manera sencilla mediante tornillos.

Decima. Es su fabricación se consume poca energía y se producen bajas emisiones de CO<sub>2</sub>. Además, es un material íntegramente reciclable. Por lo que se trata de un material respetuoso con el medio ambiente.

### **3.2.2 Piezas**

Como ya se ha mencionado en la breve introducción de este subcapítulo uno de los requisitos principales es su fabricación en plegadora. Por este motivo no podemos diseñar una carcasa de una sola pieza ya que no sería posible su fabricación, por ello vamos a proceder a desarrollar cada una de las piezas por separado. También se



explicara, para cada una de las piezas de la carcasa, los útiles necesarios para su fabricación como su disposición en las plegadoras.

### 3.2.2.1 Plegadora

Antes de llevar a cabo el desarrollo de las piezas que van a componer la carcasa, vamos a determinar qué tipo de plegadora se va a utilizar, ya que siempre que se realiza un diseño en chapa, primero se debe determinar los útiles necesarios para su fabricación.

¿Qué es una plegadora? Es una máquina que, como su nombre indica, sirve para doblar chapa, son normalmente utilizadas para trabaja en frío.



Fig. 14 Plegadora



Fig. 15 Disposición matriz y punzón dentro de la plegadora

Existen dos tipos de plegado:

- Plegado al aire: el punzón presiona la pieza de trabajo hacia la apertura de la matriz, aunque sin alcanzar la base de la misma. De este modo, la pieza de trabajo permanece apoyada

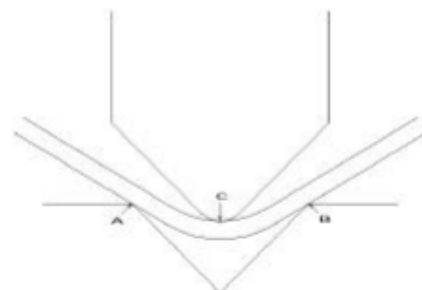


Fig. 16 Representación plegado al aire

sobre los dos bordes de la matriz (punto A y B) y el punzón (punto C) durante todo el proceso de plegado. El ángulo de plegado se determina según la profundidad a la que se introduce el punzón en la matriz. El plegado por aire permite plegar diferentes ángulos y diferentes espesores sin cambiar de herramientas.

- Plegado a fondo de matriz: como podemos observar en la imagen, el punzón y la matriz funcionan de la misma manera que en el plegado al aire, menos con la diferencia que, en este tipo de plegado, la profundidad de plegado es siempre la misma, ya que la matriz y el punzón deben realizar una estampación sobre la chapa

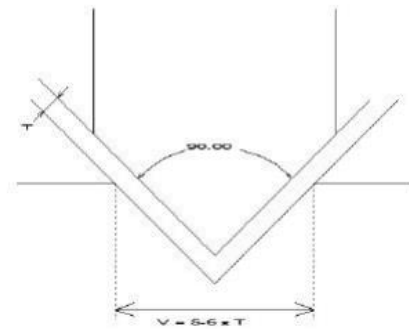


Fig. 17 Representación plegado a fondo de matriz

impidiendo que exista aire ni entre la chapa y la matriz, ni entre el punzón y la matriz.

Con este tipo de plegado obtenemos una mayor precisión y una eliminación del retorno elástico pero los útiles tienen muy poca versatilidad ya que, por ejemplo, si se cambia el espesor ya sería necesario un cambio de útil.

Hoy en día se tiende a utilizar el plegado al aire ya que, la mayoría de plegadoras, disponen de control numérico (CNC) por lo que el problema que presenta este tipo de plegado, que es la corrección del retorno elástico, se puede compensar fácilmente gracias a esto. Otra de los motivos, de la elección del plegado al aire, es que la fuerza de plegado es mucho menor, por lo que las máquinas que se necesitan para llevar a cabo este tipo de plegado son menos potentes y, por tanto, más baratas, es decir, se le podría denominar como un plegado más barato. Por lo tanto, la plegadora que nosotros vamos a utilizar para nuestro proyecto será de plegado al aire por los motivos ya mencionados.

Por último, solo nos queda determinar las características técnicas de nuestra plegadora para así poder determinar el proceso de fabricación de cada una de las piezas. En nuestro caso hemos elegido una de las máquinas de la compañía TRUMPF, dentro de sus modelos estándares. La máquina que vamos a utilizar es una TruBend 5085, cuyas características técnicas se muestran en el Anexo T, siendo los datos más importantes para nuestro proyecto, los siguientes:

- Longitud de plegado: 2210mm
- Altura de montaje aprovechable: 385mm

Los útiles necesarios para la plegadora los definiremos de manera individual para cada una de las piezas que vamos a desarrollar a continuación, al igual que su composición dentro de la plegadora.



A pesar de ellos, podemos definir la matriz ya que va a ser común para todos los pliegues ya que, como podemos ver en el Anexo Y, el ancho de la matriz solo depende del espesor del material, de tal manera que para un espesor de chapa de 1,5mm, en la tabla del anexo Y, podemos ver la siguiente fórmula:

$$\text{anchura de la matriz} = s \times 6 = 1.5 \times 6 = 9$$

Como en los útiles estándares de TRUMPF no existe una matriz de 9mm, por lo que nos iremos a una matriz de 10mm. El motivo de la elección de una matriz de 10mm en vez de la de 8mm, es debido a que con una matriz mayor siempre vamos a poder asegurar que el punzón puede bajar la distancia correcta para conseguir los 90° ya que es mayor, en cambio en una matriz menor puede ser que no podamos conseguir dicho ángulo. Para comprobar que la matriz de 10mm puede plegar chapa de 1,5mm nos debemos de ir a las tablas del propio fabricante de la plegadora, anexo Z, donde podemos comprobar que para chapa de espesor 1,5mm si podemos utilizar una matriz de 10mm.

### 3.2.2.2 Laterales

Los laterales son las partes por donde va a circular el aire dentro del recuperador de calor. Para su diseño hemos tenido en cuenta que su colocación, dentro del recuperador, es horizontal, por lo que no debemos de exceder de 273mm. Teniendo en cuenta que el rotor tiene un espesor de 200mm nos queda una superficie de 73mm que debe ocupar nuestros laterales, es decir, 36mm cada lateral, dejando 1mm para poder meter y sacar el conjunto. Para su diseño también hemos tenido en cuenta que dichos laterales tienen que servir de soporte para el soporte del eje del rotor.

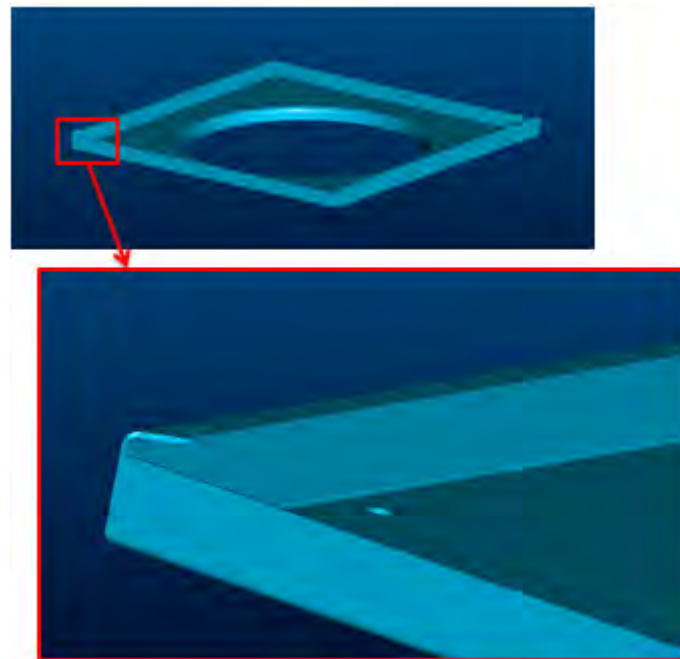


Fig. 18 Detalle forma de los pliegues de los laterales

Como se puede observar en la foto, los laterales tienen dos tipos de construcción, los cuales son simétricos a los del otro lado del mismo, donde uno está construido con dos pliegues y el otro con un pliegue.

El lado que tiene dos pliegues es debido a que tiene que soportar el peso de todo el conjunto, ya que con el doble pliegue aumenta mucho la resistencia de la chapa ya que la fuerza del peso del conjunto esta sobre una superficie plana, en vez de en un canto de la chapa, por lo que la fuerza por unidad de superficie es menor; y conseguir llegar a las dimensiones he hemos mencionado antes (273mm).

El lado que tiene solo un pliegue tiene la misión de dar un lugar de fijación al soporte del eje del rotor, por lo que sus esfuerzos son mucho menores y evitamos la necesidad de un doble pliegue.

Otra de las características que tienen los dos laterales es que tiene una embocadura para el aire que coincide con el diámetro del rotor. Esta embocadura tiene la misión de evitar las aristas vivas en el camino por donde circulo el aire ya que estas generan una inestabilidad en el mismo.

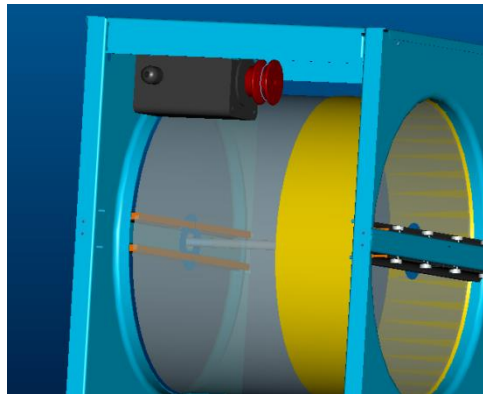


Fig. 19 Conjunto carcasa y rotor sin fundas elásticas

Como se puede observar en el lado izquierdo de la foto el rotor no está en contacto con la embocadura lo que provoca que exista una pérdida de aire. ¿Por qué no está en contacto si de esa manera no perderíamos aire? El motivo de esto es el montaje del propio rotor como mostraremos en los siguientes apartados, ya que primero se realiza el armado de toda la carcasa y, posteriormente, se monta el rotor, de tal manera, que si tenemos una pequeña holgura, nos facilitará en gran medida el armado.

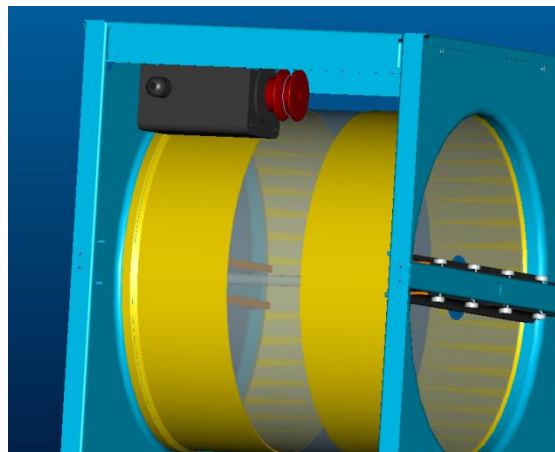


Fig. 20 conjunto carcasa y rotor con las fundas elásticas

La solución que se ha propuesto es la utilización de unas fundas elásticas, en dibujo representadas en color amarillo, con las cuales unir el rotor con la embocadura, eliminando el aire que se pierde en la holgura que damos para el montaje. Obviamente esta medida la tomamos para los dos laterales ya que son iguales.

Los planos de la pieza se encuentran en el Anexo AA.

### 3.2.2.2.1 Producción

Para llevar a cabo la producción de los laterales en plegadora vamos a emplear los útiles que se encuentran en los anexos U y V. La utilización del útil del anexo U es debido al doble pliegue ya que cuando realicemos el segundo pliegue, plegado 2 y 4 del proceso posteriormente mostrado, necesitamos una zona del punzón en la cual alojar el primer pliegue, motivo por el cual, dicho punzón tiene una forma de c.

También hay que determinar el número de estaciones (estación: conjunto de punzón y matriz para la realización de un pliegue de una pieza) que para nuestro caso es solo una estación con la siguiente composición:

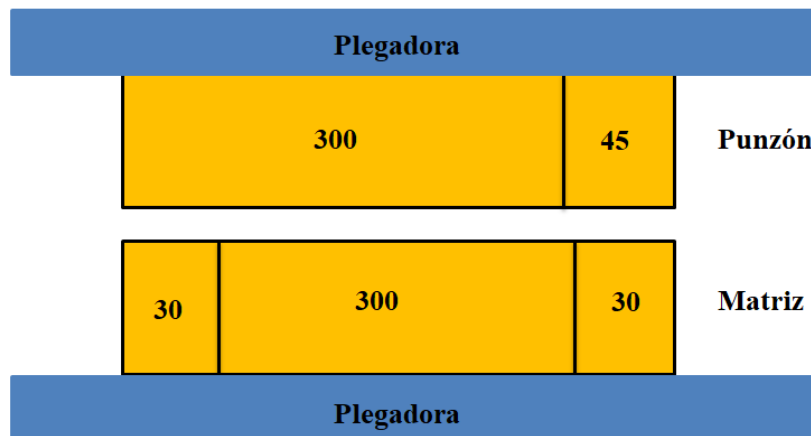


Fig. 21 Configuración plegadora para la producción de los laterales

Antes de pasar definir los pasos a seguir para plegar, debemos definir cómo va a llegar la pieza a las manos del operario que se encargara de plegarla, como se muestra en la siguiente imagen.

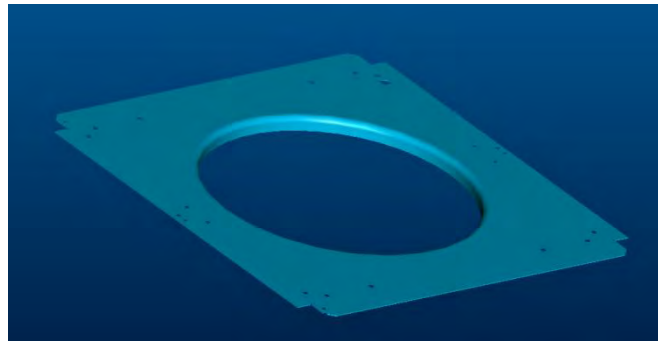


Fig. 22 Lateral sin plegar

Como se puede observar en la imagen la pieza es completamente plana menos la zona de la embocadura ya que esta viene realizada de prensa ya que es una operación imposible de realizar en plegadora.

Una vez que tenemos definida la pieza sin plegar vamos a definir los pasos a seguir para plegarla.

- 1<sup>er</sup> plegado

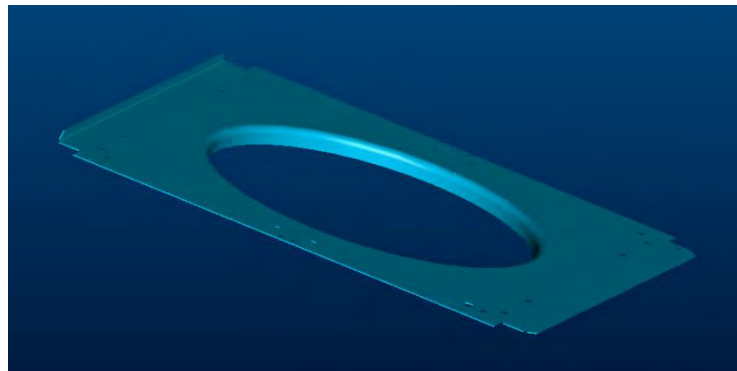


Fig. 23 Primer plegado del lateral

- 2<sup>o</sup> plegado

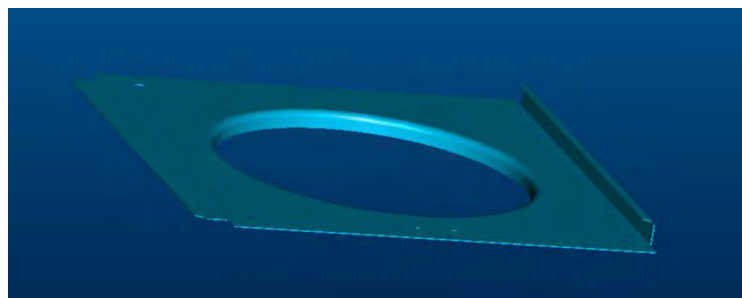


Fig. 24 Segundo plegado del lateral

- 3<sup>er</sup> plegado

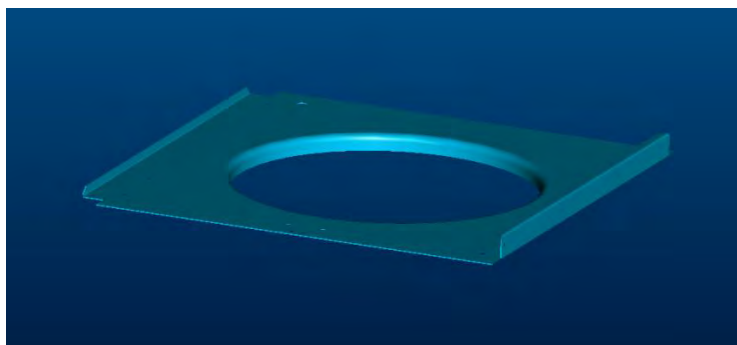


Fig. 25 Tercer plegado del lateral

- 4<sup>o</sup> plegado

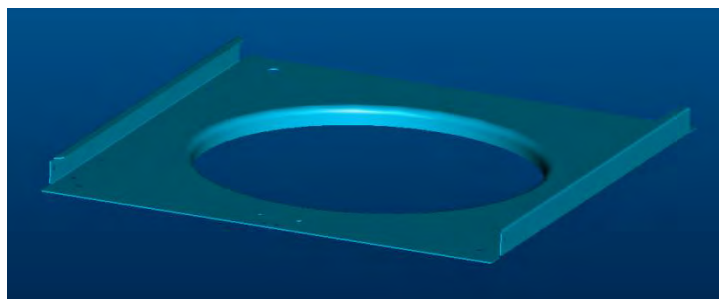


Fig. 26 Cuarto plegado del lateral

- 5<sup>o</sup> plegado

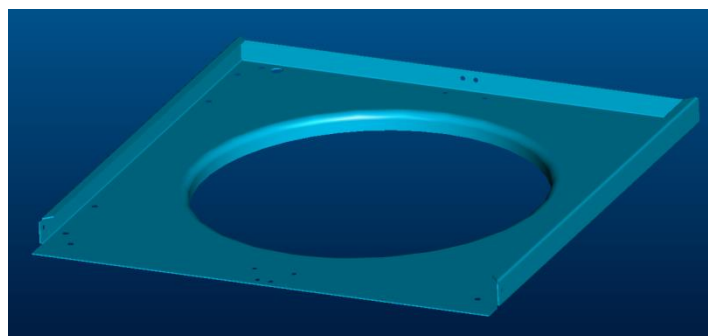


Fig. 27 Quinto plegado del lateral

- 6<sup>o</sup> plegado

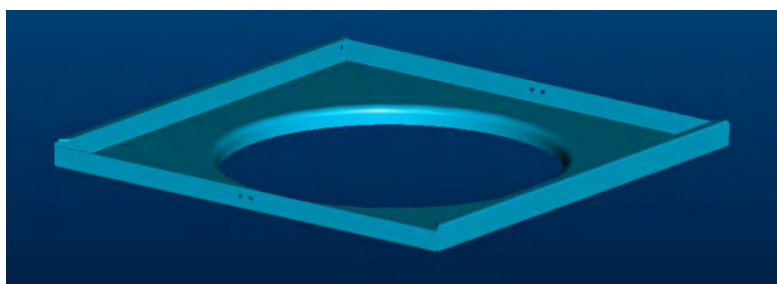


Fig. 28 Sexto plegado del lateral

### 3.2.2.3 Esquina

Las esquinas de nuestra carcasa tienen como misión la unión entre los dos laterales de modo que estos se comporten como un conjunto rígido. La elección de realizar esquinas, en vez de un techo, es para el ahorro en materiales y la disminución del peso, ya que estas esquinas hacen la misma función que si fueran un conjunto completo entre ellas.

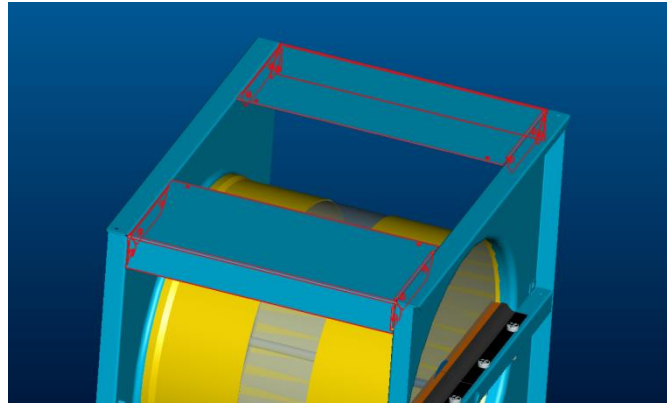


Fig. 29 Colocación y forma de las esquinas dentro del envolvente

Como se puede observar en la siguiente imagen las esquinas tienen forma de L, lo que ayuda a tener una mayor rigidez como pieza individual e impidiendo el movimiento en cualquiera de los planos (horizontal y vertical) de los laterales porque estas tienen fijación en ambos sentidos del movimiento.

Para el sistema de fijación de las esquina con los laterales hemos usado un proceso, también realizable en prensa, al igual que la embocadura de los laterales, denominado conformado para rosca, el cual consiste en aprovechar la deformación de la propia chapa al realizar un embutición sobre ella, teniendo un taladro previo, para crear un cuello el cual, posteriormente se le va pasar el macho de una rosca para que de esa manera actúe como una tuerca. La ventaja de utilizar este tipo de tecnología es que a la hora de la producción nos ahorramos 24 tuercas por conjunto y, por tanto, reducimos el coste total del producto.



Fig. 30 Conformado para rosca

En la imagen anterior, se observa perfectamente como es el resultado final de este proceso de conformado para rosca, en el cual se observa como ya se ha mencionado el cuello donde posteriormente se realiza la rosca.

El mueble está compuesto por tres partes como esta esquina y una cuarta que lleva un desarrollo especial que desarrollaremos en el punto 3.3.2.4.

Los planos de esta pieza se encuentran en el anexo AB.

### 3.2.2.3.1 Producción

Para la producción de las esquinas de nuestro rotor son necesarios los útiles que se encuentran en los anexos V y X. En este caso usamos un punzón con un pequeño desahogo especial ya que nos encontramos ante una pieza que tiene unos conformados para rosca, lo que reduce el ancho de la estación del punzón, ya que se tiene que tener en cuenta la altura del conformado, por lo que con el cajeado que tiene este punzón libramos el conformado.

Por otro lado nos queda por determinar el número de estaciones necesarias para el plegado de las esquinas. Las cuales, en este caso, es una estación, distribuida de la siguiente manera:

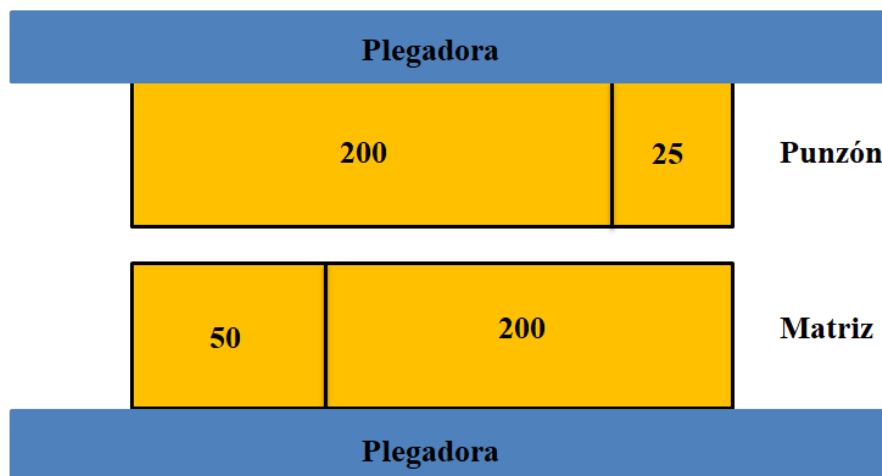


Fig. 31 Configuración plegadora para la producción de las esquinas

Por último, nos queda determinar cómo va a llegar la pieza al operario de la plegadora., como muestra la siguiente imagen:



Fig. 32 Esquina sin plegar

Como se puede observar los conformados para roscar vienen ya realizados por prensa y mecanizados con la rosca, por lo que ya solo queda definir los pasos a seguir para plegar dicha pieza.

- 1<sup>er</sup> plegado

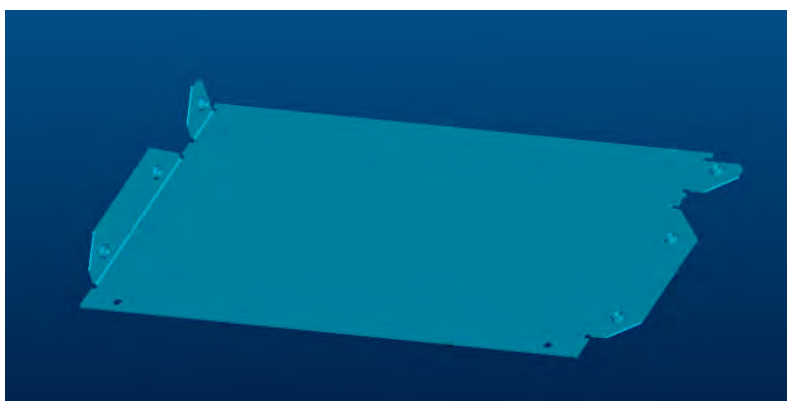


Fig. 33 Primer plegado de la esquina

- 2<sup>o</sup> plegado

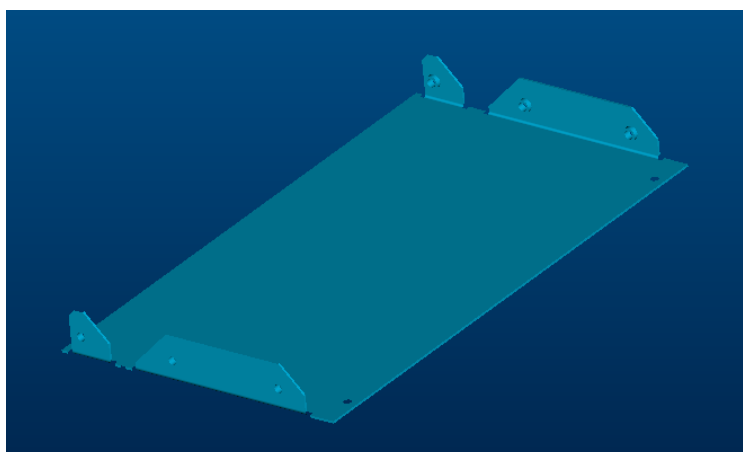


Fig. 34 Segundo plegado de la esquina



- 3<sup>er</sup> plegado

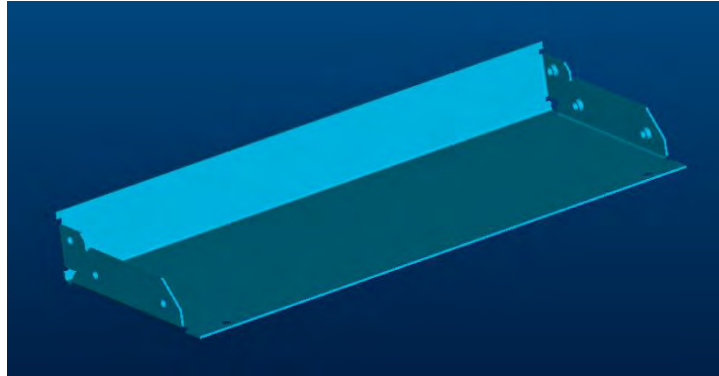


Fig. 35 Tercer plegado de la esquina

#### 3.2.2.4 Esquina soporte motor

La esquina de soporte de motor es exactamente igual que la que acabamos de desarrollar, salvo por la incorporación de dos pestañas en su parte más ancha donde va alojado el motor encargado de mover el rotor.

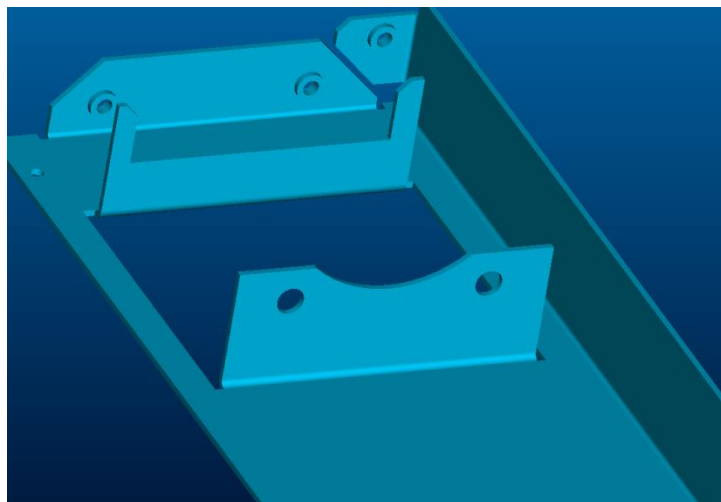


Fig. 36 Detalle forma del soporte para el motor

Como se puede ver en una de las pestañas tiene los taladros para fijar el motor, los cuales son proporcionados por el mismo, por lo que el tamaño de los taladros está sujeto a esos tornillos, y la otra dispone de un cajeado para poder albergar al motor, coincidiendo este ancho con el del motor. De la manera que muestra la siguiente imagen.

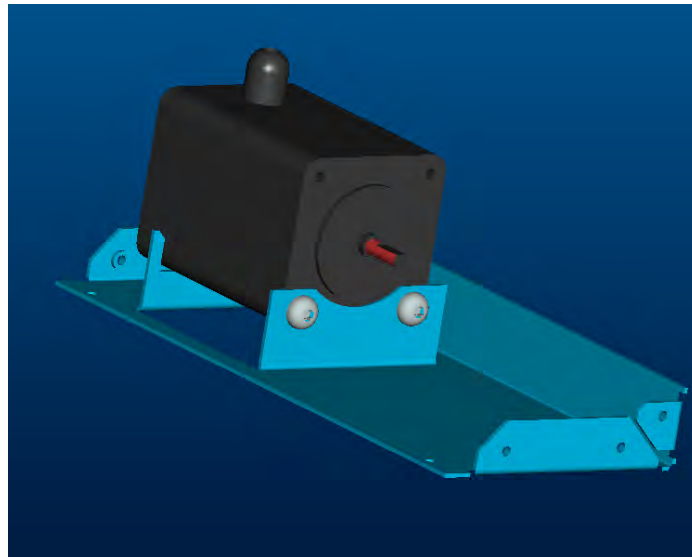


Fig. 37 Armado esquina para soporte del motor y el motor

Los planos de esta pieza se encuentran en el anexo AC.

#### 3.2.2.4.1 Producción

En el proceso de producción es el lugar donde encontramos más diferencias entre esta esquina y las demás. La principal diferencia es que, como tenemos pestañas interiores, tenemos un mayor número de plegados, por consecuencia de esto mismo ya no podemos realizar toda su elaboración en una única estación ya que los útiles que empleamos en el resto de esquinas siguen valiendo para los pliegues que tienen comunes entre ellas, pero para los pliegues de las pestañas del motor no nos sirve las medidas del punzón ni de la matriz, además tampoco nos sirve la misma forma de punzón ya que la pestaña que aloja los conformados para rasca nos interfiere con el punzón del anexo X. Por ello para la realización de los pliegues comunes vamos a emplear el punzón del anexo X (pliegues del 1 al 4) y para los pliegues para la fijación del motor (pliegues 5 y 6), el punzón del anexo U. La matriz del anexo V es común para las dos estaciones. La configuración es la siguiente:

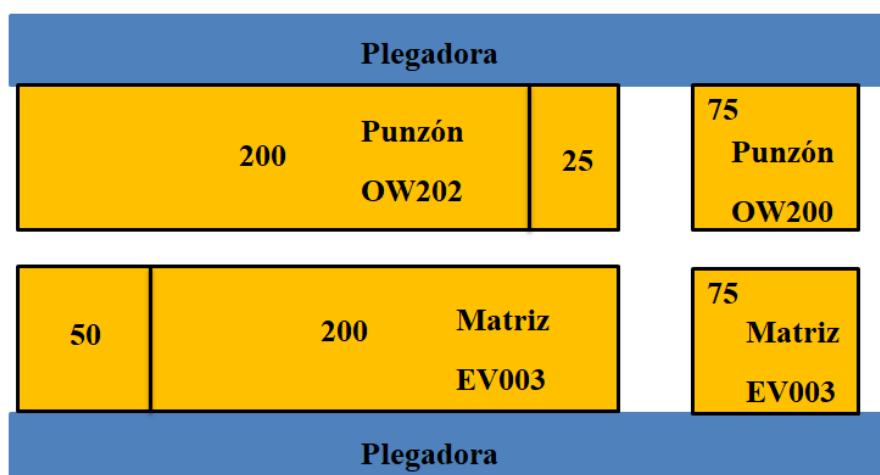


Fig. 38 Configuración plegadora para la producción esquina para soporte del motor

Por último solo nos queda determinar cómo llega la pieza a la plegadora, como muestra la siguiente imagen:

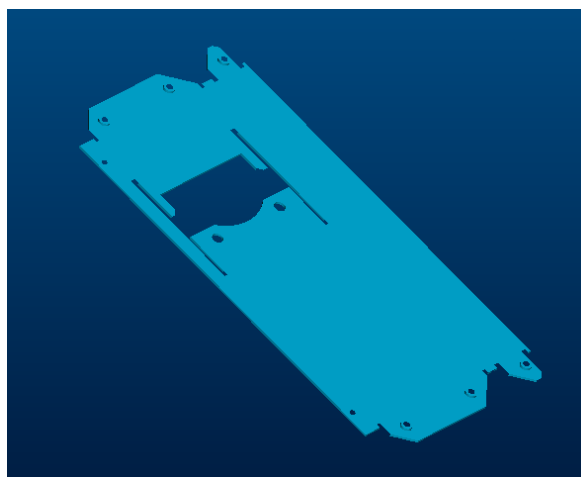


Fig. 39 Esquina soporte para el motor sin plegar

Los pasos a seguir para su plegado son:

- 1<sup>er</sup> plegado

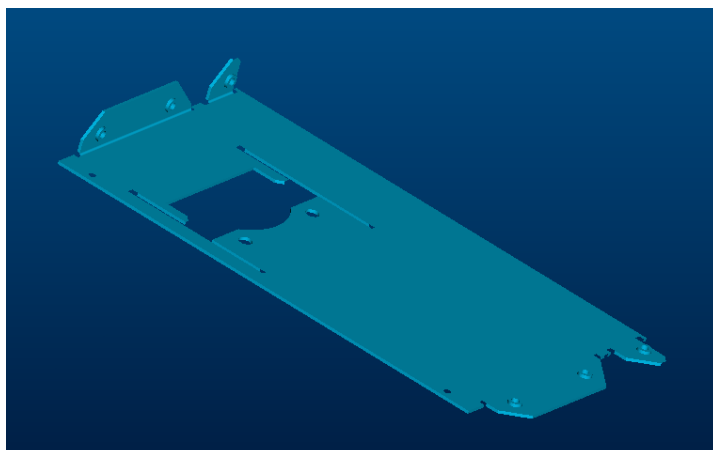


Fig. 40 Primer plegado esquina soporte motor

- 2º plegado

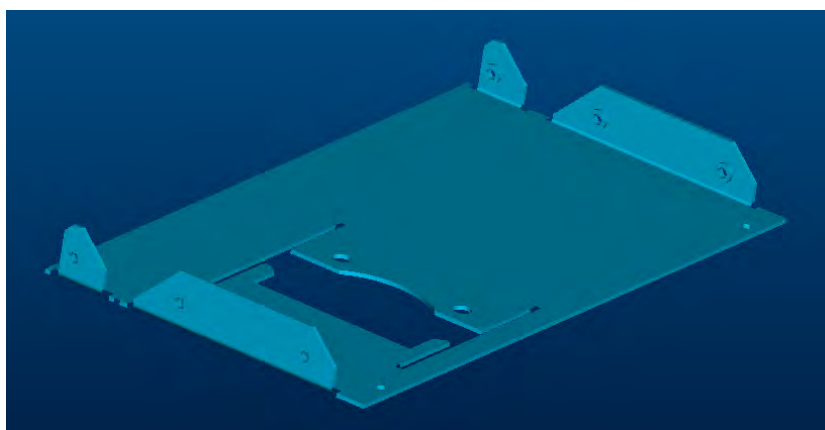


Fig. 41 Segundo plegado esquina soporte motor

- 3º plegado

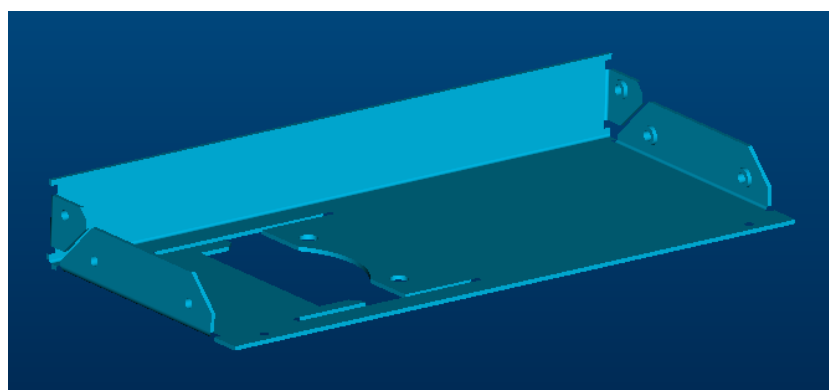


Fig. 42 Tercer plegado esquina soporte motor

- 4º plegado

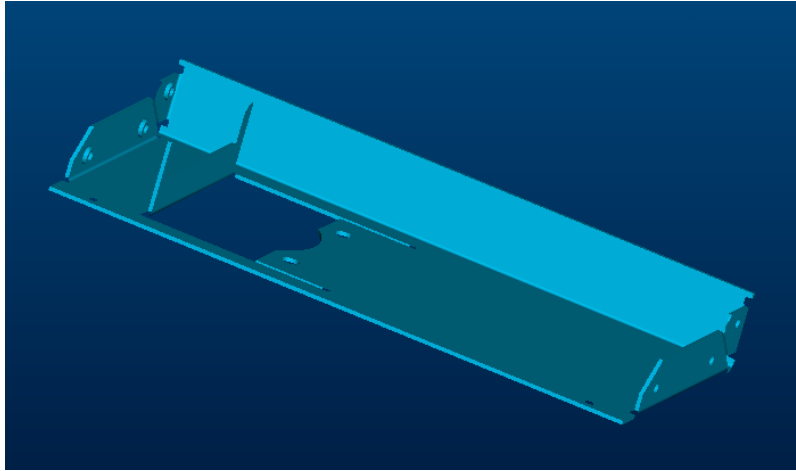


Fig. 43 Cuarto plegado esquina soporte motor

- 5º plegado

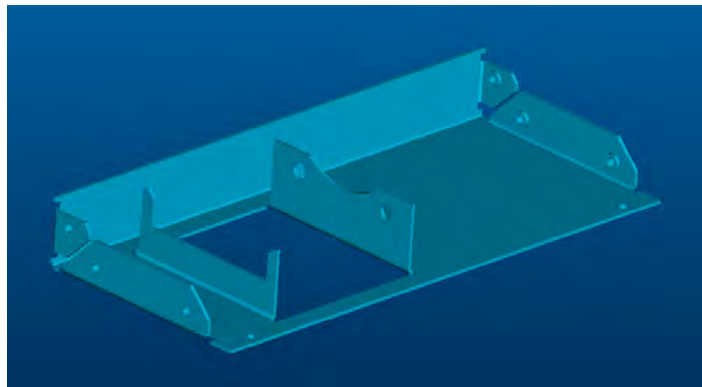


Fig. 44 Quinto plegado esquina soporte motor

### 3.2.2.5 Soporte eje rotor

Para poder fijar el rotor al resto de la estructura necesitamos un soporte que una el eje que tiene nuestro rotor con los laterales de la carcasa. Para ello se ha desarrollado dos perfiles en U (soporte exterior y soporte interior) con la intención de crear un perfil cerrado para poder soportar los esfuerzos del rotor. La utilización de dos perfiles en U es debido a que en una plegadora no se pueden hacer perfiles cerrados.

#### 3.2.2.5.1 soporte interior

El soporte interior tiene la misión de fijar el eje del rotor con la cara inferior de la U, la cual debe de estar a la altura de los laterales, para que después sea fijada con el soporte exterior.

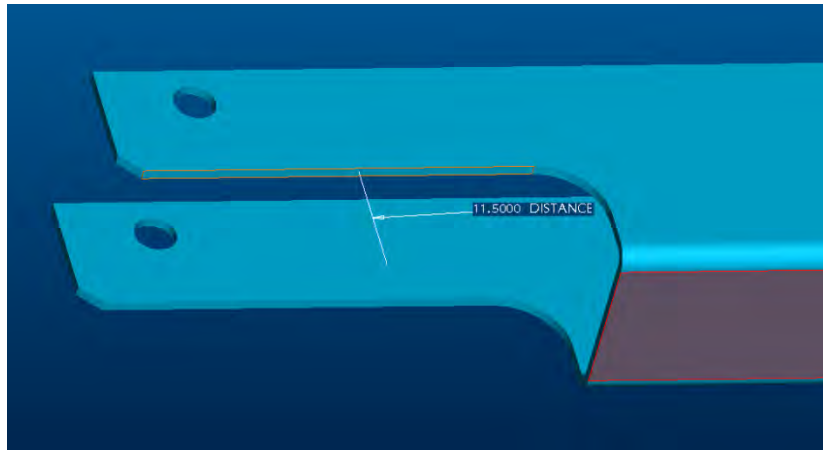


Fig. 45 Distancia entre las dos superficies de apoyo del soporte interior

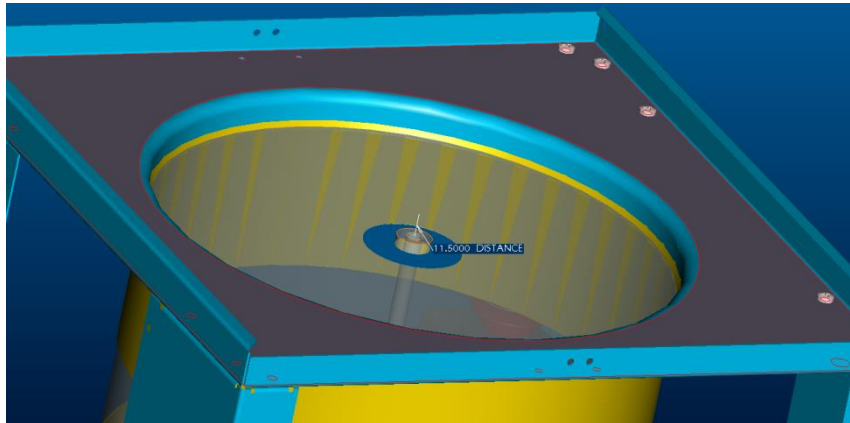


Fig. 46 Distancia entre las dos superficies donde debe apoyar el soporte interior

Como se puede observar en la primera imagen, existen dos alturas diferentes en el soporte interior separadas con una distancia de 11.5mm. Esta diferencia es la misma que se muestra en la segunda imagen, en la cual se muestra la diferencia de altura entre el eje, el cual sobresale 5,2mm del rotor, y la cara más alejada del lateral sobre la cual va a apoyar el soporte interior.

Los planos de la pieza se encuentran en el anexo AD.

### 3.2.2.5.1.1 Producción

Con respecto a la fabricación de esta pieza, es una de las más sencillas, de todas las que componen la carcasa del rotor. La única peculiaridad que tiene esta pieza, es que como tiene los laterales tan altos no vamos a poder utilizar el punzón del anexo X ya que este no dispone de un desahogo tan grande como para evitar la colisión, por ello, para esta pieza vamos a emplear el punzón del anexo U que sí que dispone de dicho desahogo.

Por lo tanto, la plegadora va a estar compuesta de una única estación, con el punzón del anexo U, como ya hemos indicado anteriormente, y la matriz del anexo V, con la siguiente configuración:

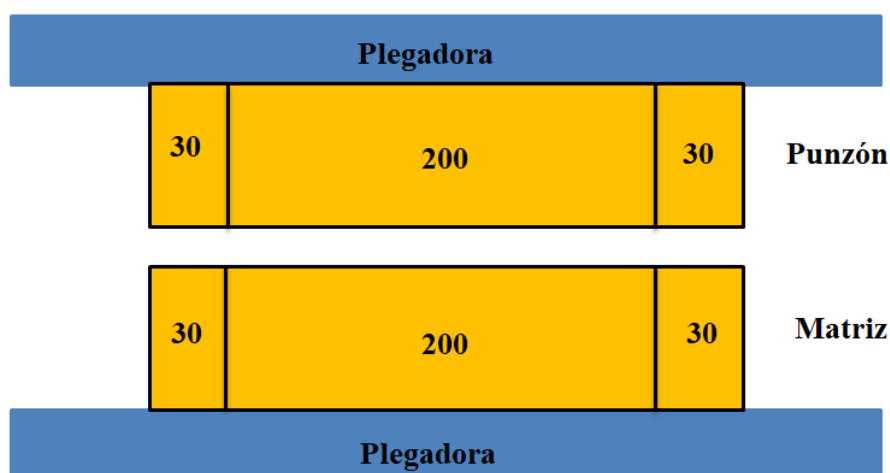


Fig. 47 Configuración plegadora para la producción del soporte interior

La pieza en su versión inicial sería la siguiente:

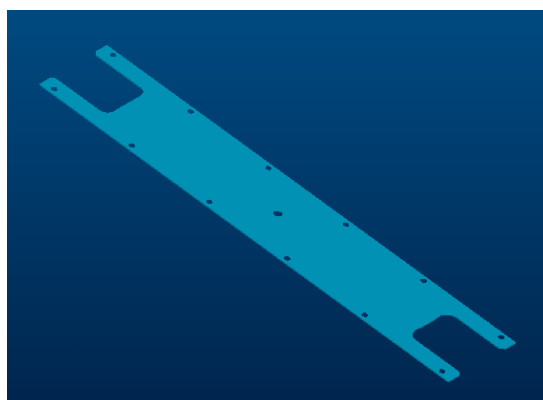


Fig. 48 Soporte interior sin plegar

Por último, nos queda por determinar los pasos para el plegado.

- 1<sup>er</sup> plegado

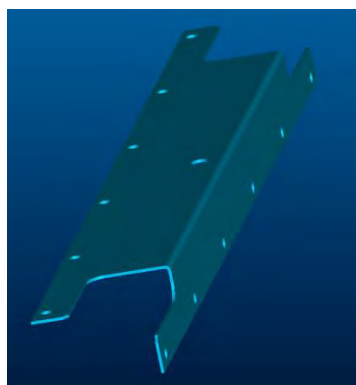


Fig. 49 Primer pliegue soporte interior

- 2º plegado

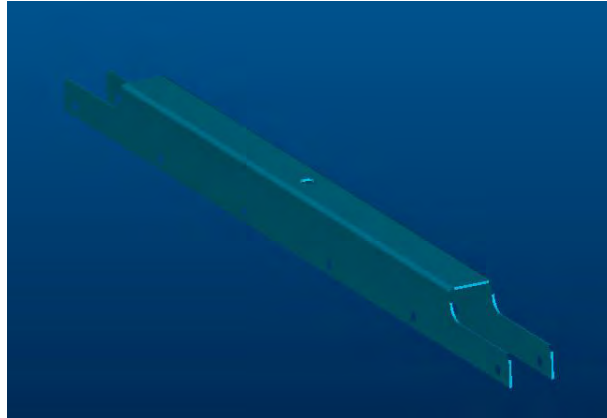


Fig. 50 Segundo plegado soporte interior

### 3.2.2.5.2 soporte exterior

La última pieza que nos queda por definir la parte superior del conjunto de soporte del rotor. Esta parte tiene la función dos funciones:

La primera es unificar el soporte interior, anteriormente desarrollado, con los laterales. El lugar de fijación entre el soporte interior y exterior, es el mostrado en la siguiente imagen, mediante un remache:

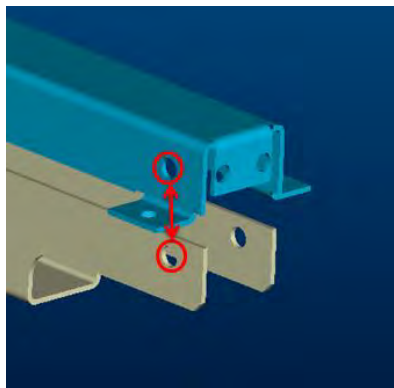


Fig. 51 Lugar de fijación entre soporte interior y exterior

La segunda función que tiene este soporte es la de fijar el conjunto de los dos soportes con los laterales mediante cuatro remaches por cada lado, como muestra la siguiente imagen.



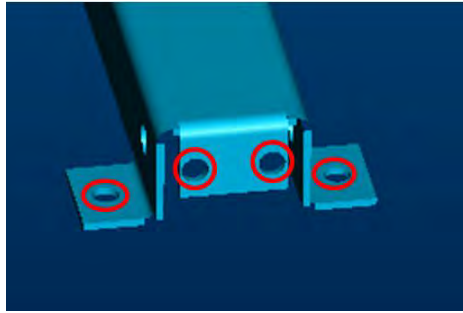


Fig. 52 Lugar de fijación entre soporte exterior y lateral

La tercera función, y última, es la disposición de un lugar donde fijar los cepillos que impiden el paso de aire entre un lado del rotor y el otro. La siguiente foto muestra el lugar de fijación de dichos cepillos.

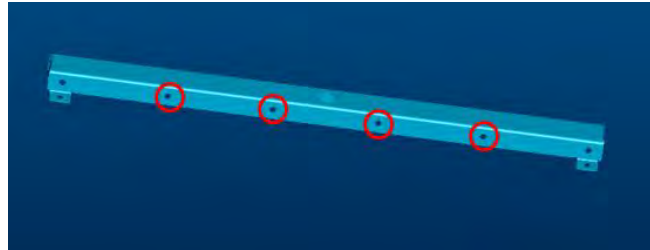


Fig. 53 Lugar de fijación de los cepillos

Los planos de la pieza se encuentran en el anexo AE.

#### 3.2.2.5.2.1 Producción

Otra de las diferencias entre los dos soportes, aparte de su construcción y utilidades, es su fabricación ya que en el soporte interior teníamos la necesidad de tener un punzón con desahogo para poder librar la pestaña del lado opuesto a la hora de plegar, en cambio, en esta pieza no necesitamos ningún tipo de desahogo ya que la altura de las pestañas a plegar (14mm) no es lo suficientemente alta como para interferir con el punzón. Por este motivo, la plegadora va a estar compuesta por una única estación, la cual está compuesta por el punzón del anexo X y la matriz del anexo V, con la siguiente composición:

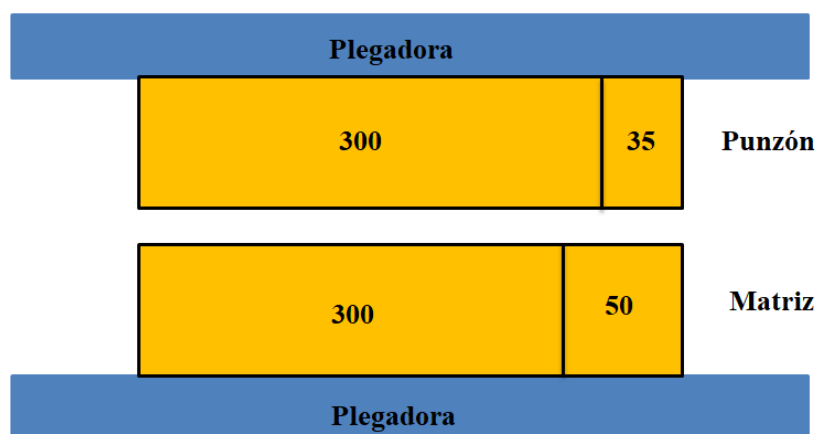


Fig. 54 Configuración plegadora para la producción del soporte exterior

Por otro lado, nos queda por definir la pieza antes de realizar ningún pliegue, que sería la siguiente:

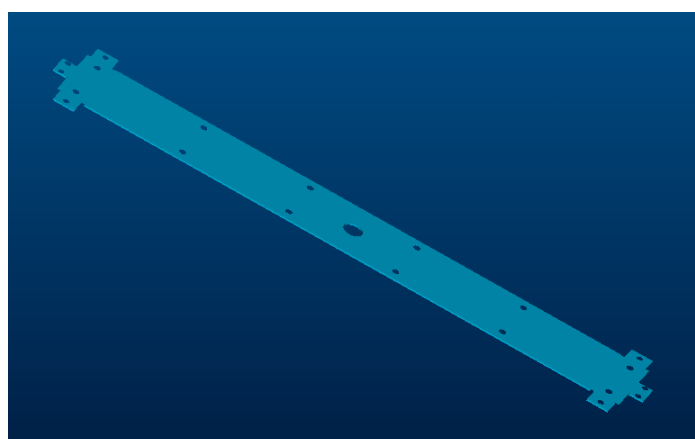


Fig. 55 Soporte exterior sin plegar

Por último nos queda por definir los pasos a seguir para la realización del plegado de la pieza.

- 1<sup>er</sup> plegado

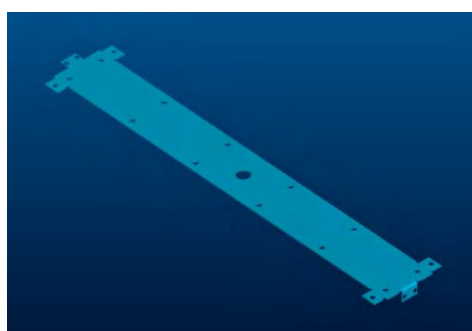


Fig. 56 Primer plegado soporte exterior

- 2º plegado

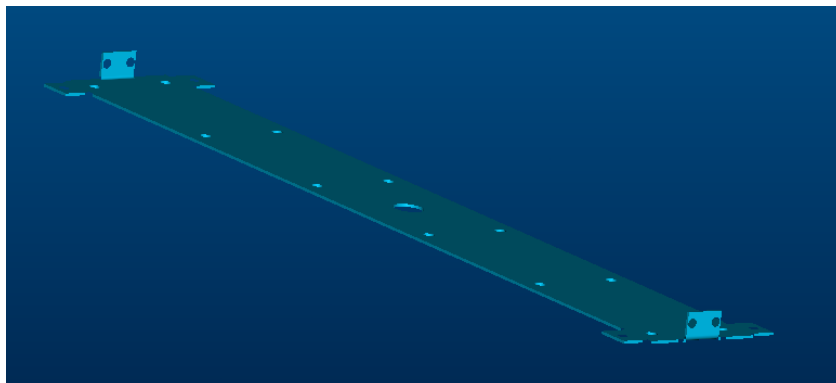


Fig. 57 Segundo plegado soporte exterior

- 3<sup>er</sup> plegado

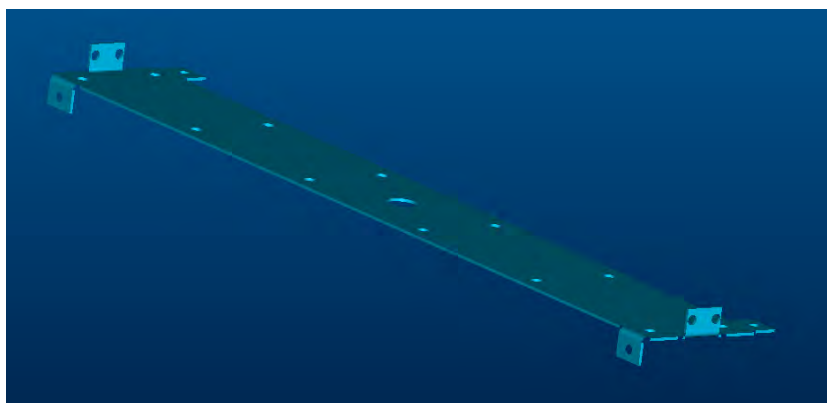


Fig. 58 Tercer plegado soporte exterior

- 4º plegado

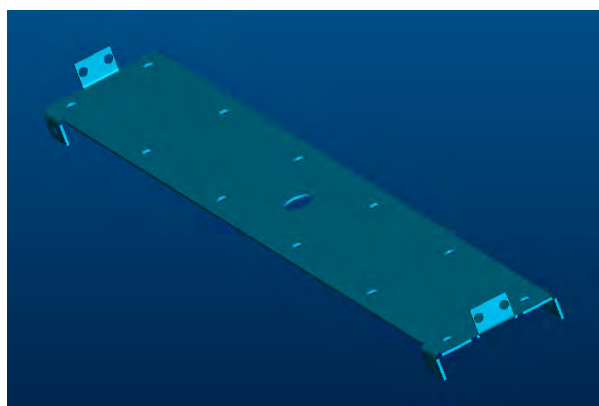


Fig. 59 Cuarto plegado soporte exterior

- 5° plegado

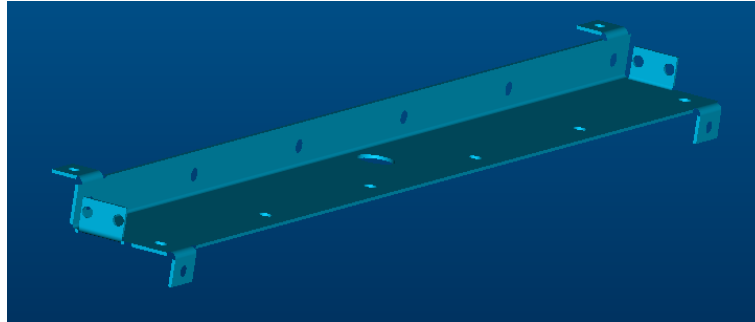


Fig. 60 Quinto plegado soporte exterior

- 6° plegado

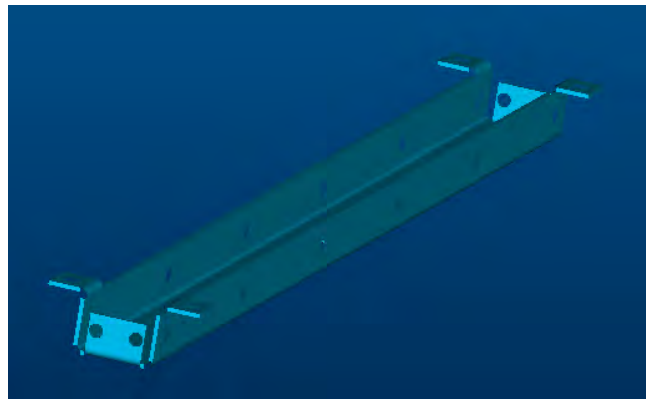


Fig. 61 Sexto plegado soporte exterior

### 3.2.3 Armado de las piezas

Una vez tenemos definidas todas las piezas, debemos definir su posición dentro del conjunto, denominado carcasa. Para ello vamos a definir en primero lugar el número de piezas por carcasa.

- Lateral → 2 por carcasa
- Esquina → 3 por carcasa
- Esquina soporte motor → 1 por carcasa
- Soporte eje rotor interior → 2 por carcasa
- Soporte eje rotor exterior → 2 por carcasa

Obteniendo, con esas piezas, un conjunto tal como el que muestra la siguiente figura.

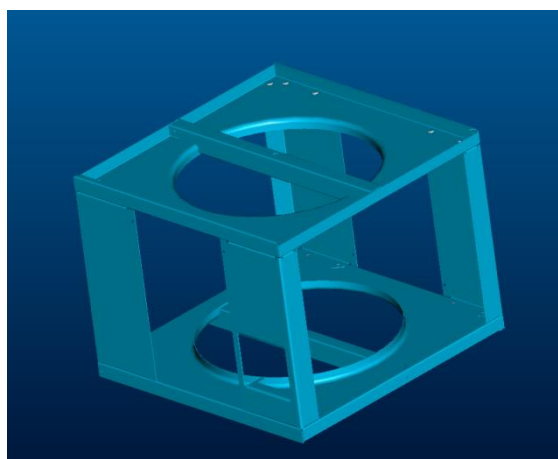


Fig. 62 Armado completo del envolvente

Ya que tenemos definidas todas las piezas que necesitamos para el armado y su vista armada, vamos a mostrar el orden de ensamblaje.

- 1<sup>er</sup> paso: armado de un lateral con los cuatro envolventes.

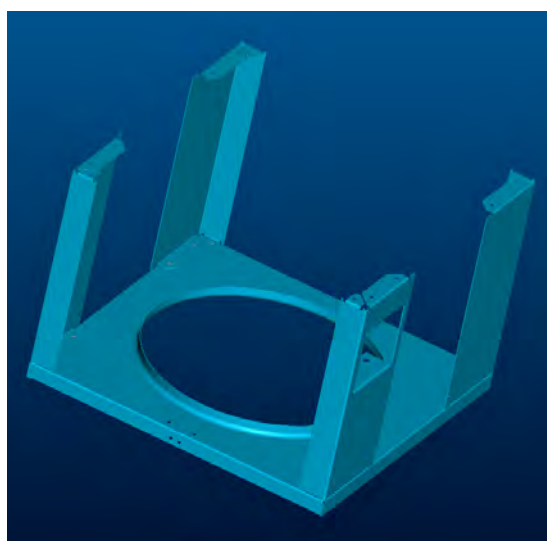


Fig. 63 Armado lateral, esquinas y esquina soporte motor

La colocación de la escuadra de soporte del motor se puede realizar en cualquiera de las cuatro esquinas, ya que al ser un armado simétrico no influye su posición, porque la coloquemos donde la coloquemos siempre vamos a obtener la misma carcasa.

- 2º paso: armado del lateral restante con el anterior conjunto.

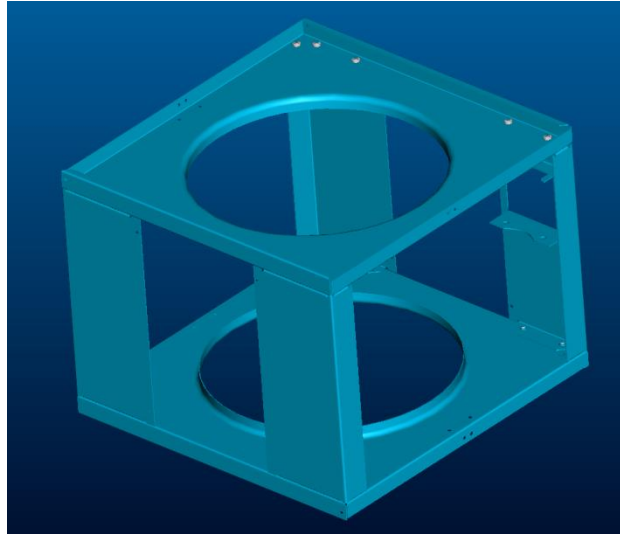


Fig. 64 Armado ambos laterales con todas las esquinas

- 3º paso: realización de un montaje previo, del soporte eje del rotor exterior e interior, al armado de este conjunto con el resto de la carcasa.



Fig. 65 Prearmado soporte interior y exterior

Como se muestra en la imagen, podemos ver en color negro el soporte eje del rotor exterior, en gris el soporte eje del rotor interior y en azul los remaches que unen ambas piezas.

- 4º paso: armado del conjunto soporte rotor con el armado del 2º paso.

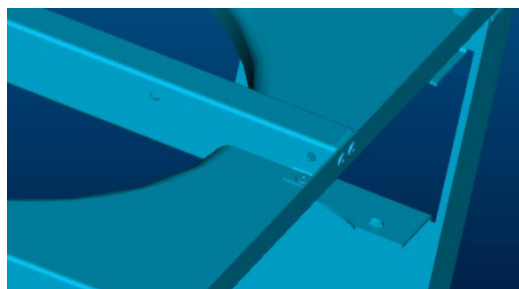


Fig. 66 Armado prearmado soportes y laterales

Obteniendo un resultado final como el siguiente:

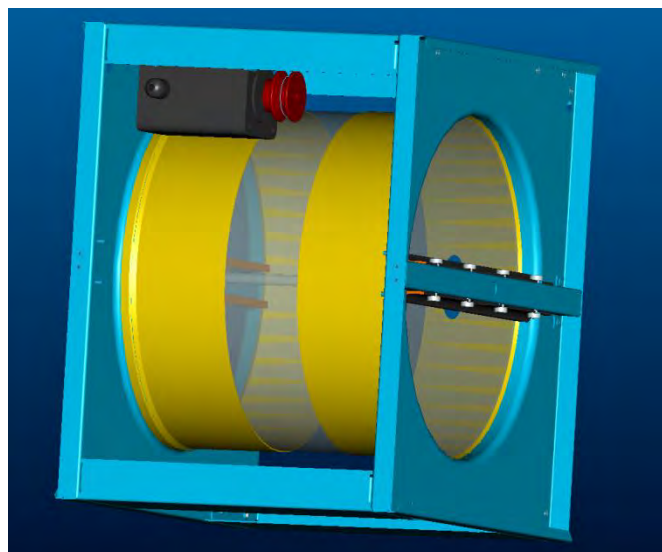


Fig. 67 Conjunto final

### 3.2.4 Fijación de las piezas

Una vez que tenemos definido el armado de las piezas, nos queda por definir el sistema de anclaje entre ellas.

Para la fijación del soporte del rotor interior y exterior, como de este conjunto con los laterales, vamos a utilizar remaches, como se muestra en las imágenes 65 y 66. La utilización de los remaches es debido a que esta fijación no tiene que ser removida en ningún momento después del armado, por lo que la utilización de remaches es mucho más favorable que la utilización de tornillos, ya que el tiempo empleado para colocar un remache es mucho menor que el tiempo empleado para roscar un tornillo.

En cambio para la unión entre las esquinas (esquina de motor y el resto) se realiza a través de tornillos, como se muestra en la imagen.



Fig. 68 Fijación esquinas y laterales

El motivo de la elección con respecto a los remaches, puesto que, como ya hemos visto antes, a priori, los remaches son más económicos que los tornillos, es la necesidad de remover estas piezas una vez terminado el armado. La necesidad de disponer de un mantenimiento o una sustitución del rotor, motor o sistema de transmisión, nos hace de disponer de un sistema, con el cual, no sea necesario la compra de uno nuevo, sino que se pueda sustituir la pieza dañada o limpiar alguna zona por mantenimiento.

Por último, nos queda por determinar el tamaño de los remaches y de los tornillos. Como patrón común para los dos casos es el empleo del remache y tornillo más pequeño ya es un sistema que apenas sufre fuerzas de cizalladura o de tracción, puesto que el rotor en su interior se mueve a un máximo de 13 rpm y los esfuerzos que genera se pueden generar prácticamente despreciables. Otro de los aspectos que favorecen la elección del tamaño más pequeño es la ergonomía a la hora del armado, ya que al ser un remache o un tornillo pequeño nos permite utilizar una maquina más pequeña y, por consiguiente, pesara menos e influirá positivamente en su producción. También, al disponer de una maquina más pequeña, nos permite obtener unos precios de maquina inferiores ya que las características técnicas de dichas maquinas son muy bajas. Por último está el coste de los propios remaches y tornillos, los cuales, al ser más pequeños, son más baratos.

El tamaño que hemos elegido es el siguiente:

- Remache → diámetro: 2,4mm; longitud: 6mm (según UNE-EN ISO 15977)
  - La longitud de 6mm es debido a que tenemos que unir dos chapas de 1,5mm, porque lo que, con la norma anteriormente mencionada, una longitud de 6mm sirva para espesores de 2,0mm a 4,0mm, en nuestro caso es de 3,0mm
- Tornillo → métrica: 3; longitud: 7mm
  - la elección de métrica 3 es debida a que es la más pequeña para trabajos de mecánica.
  - La longitud de 7mm se debe a la necesidad de que el tornillo sea más largo que la suma de los dos espesores de la chapa (3,0mm) más la altura del conformado para rosca (2,0mm)

### 3.3 Sistema de transmisión

En cuanto al sistema de transmisión, vamos emplear transmisión por correas ya que estas presentan grandes ventajas para nuestro proyecto. Estas ventajas son las siguientes:

- Funcionamiento suave, silencioso y sin choques. Absorben vibraciones y choques por lo que alargan la vida de la máquina.
- Sencillez de fabricación, mantenimiento y montaje.
- Económicas.



- Limpias ya que no requieren de ningún tipo de lubricación-
- Rendimiento similar al de los engranajes (0.97-0.98).
- Reducciones del mismo orden como con los engranajes.

Una vez que tenemos definido que el sistema de transmisión es por poleas gracias a estas ventajas, solo queda por definir el tipo de correa que vamos a utilizar. El tipo de correa que vamos a utilizar son las correas trapezoidales, las cuales presentan las siguientes ventajas:

- La distancia entre ejes puede ser tan pequeña como permitan las poleas.
- La relación de diámetros entre poleas puede ser muy grande, llegando hasta 12/1.
- Las correas trapeziales trabajan en cualquier posición.
- No atacan a los cojinetes de soporte de las poleas por tensión excesiva.
- Requieren muy poca tensión inicial gracias al efecto cuña.

Uno de los principales motivos para la elección de este tipo de correas es debido a sus dos primeras ventajas, ya que como disponemos de un espacio muy reducido dentro del recuperador de calor, como ya veremos en el siguiente apartado con el desarrollo de la carcasa. Aunque la mayor ventaja es la de poder tener grandes relaciones de diámetros, ya que con ellos vamos a conseguir un tamaño de polea para el motor, mucho más pequeña que en cualquier otro tipo de polea, ya que tendremos el siguiente valor mínimo:

$$\text{diámetro mínimo de polea del motor} = \frac{250(\text{diámetro rotor})}{12} = 20,83 \approx 21\text{mm}$$

Con este valor tan pequeño de polea, podemos asegurar que no tendremos ningún tipo de problema para poder albergar todos los elementos dentro de la carcasa, sumándole la característica de que no importa lo cerca que se encuentren los ejes ya que siempre es viable el uso de correas trapezoidales.

Las correas trapezoidales se construyen de caucho en cuyo interior se colocan elementos resistentes a la tracción. El esquema de una correa es el siguiente:

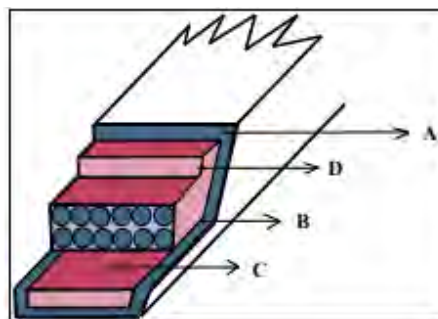


Fig. 69 Composición correa trapezoidal

Los componentes que forman una correa trapezoidal son:

- A: Funda exterior de tejido vulcanizado
- B: Elementos que soportan la carga
- C: Cojín resistente de caucho
- D: Capa de flexión

Una vez que ya tenemos definidas las correas trapezoidales como elemento de transmisión entre la polea y el rotor, solo nos determinar las dimensiones de la polea para así tener la forma de nuestra correa y, posteriormente obtener su dimensión.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la relación de potencia máxima es de 1/12 por lo que para nuestro desarrollo vamos a tomar un valor menor que este para no estar en el límite. Para nuestro desarrollo vamos a tomar una relación de potencia de 1/10, por lo que el diámetro de la polea debe de ser el siguiente:

$$\text{diámetro polea} = 250(\text{diámetro rotor}) \times \frac{1}{10} = 25mm$$

Para el cálculo de la correa debemos definir la sección de la correa, en nuestro caso, será sección de tipo A ya que para nuestras especificaciones de baja potencia a transmitir y un número de revoluciones es la idónea gracias a la siguiente gráfica.

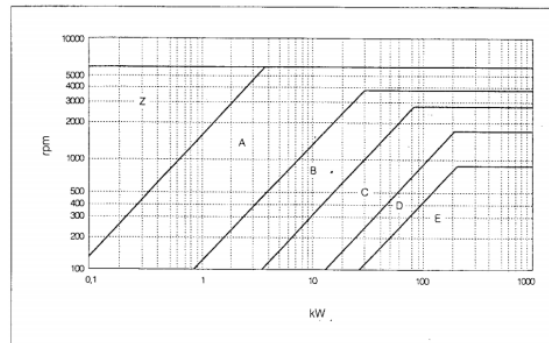


Fig. 70 Gráfica sección de correa

Por último nos queda determinar el valor de la longitud de la correa, para ello vamos a utilizar un software gratuito de la propia empresa de distribución de correas, llamada SIT. En la cual debemos de rellenar los siguientes apartados:

**SIT** Sociedad Industrial de Transmisiones S.A. Acceso extranet  
☎ 943 457 200

Home Empresa Servicios Sectores de aplicación Productos Área de descargas Noticias Contacto

Introduzca la longitud comercial de la correa y el programa le confirmará la distancia resultante entre centros de las dos poleas.

Ø Polea pequeña	<input type="text"/>
Ø Polea grande	<input type="text"/>
Entre-eje recomendado entre	<input type="text"/> y <input type="text"/>
Entre eje deseado:	<input type="text"/>
Longitud teórica de la correa:	<input type="text"/>
Longitud de Correa (catalogo)	<input type="text"/>
Entre eje para la correa seleccionada	<input type="text"/>

Fig. 71 Interfaz software del SIT

- Diámetro polea pequeña → 25mm
- Diámetro polea grande → 250mm
- Entre eje deseado → 176.524mm

Con estos datos obtenemos los siguientes resultados:

**SIT** Sociedad Industrial de Transmisiones S.A. Acceso extranet  
☎ 943 457 200

Home Empresa Servicios Sectores de aplicación Productos Área de descargas Noticias Contacto

Introduzca la longitud comercial de la correa y el programa le confirmará la distancia resultante entre centros de las dos poleas.

Ø Polea pequeña	<input type="text" value="25"/>
Ø Polea grande	<input type="text" value="250"/>
Entre-eje recomendado entre	<input type="text" value="192"/> y <input type="text" value="550"/>
Entre eje deseado:	<input type="text" value="176.524"/>
Longitud teórica de la correa:	<input type="text" value="856"/>
Longitud de Correa (catalogo)	<input type="text"/>
Entre eje para la correa seleccionada	<input type="text"/>

Fig. 72 Interfaz software de SIT con parámetros rellenos

Con el valor teórico de longitud de correa nos vamos al catálogo del anexo AF (segunda hoja) donde podemos encontrar para los modelos de XPA todos las dimensiones disponibles. El valor con el que nos debemos de quedar tiene que ser justo el mayor a 856mm, el cual sería 857, pero para nuestro caso donde el rotor no tiene ningún tipo de cajeado para alojar los dientes debemos de sumar una de las alturas de los dientes, ya que la altura que toma como referencia este programa es con los dientes recogidos en sus cavidades, es decir, 867mm. El valor que obtenemos para la correa sería XPA875.



## **CAPÍTULO 4: CONCLUSIÓN**

Una vez realizado el trabajo de diseño de un envolvente de un rotor para un recuperador de calor y sus accesorios, como pueden ser el motor, la polea de dicho motor, el sistema de transmisión y la funda elástica que evita la pérdida de aire entre el rotor y los laterales, nos permite afirmar el cumplimiento de todos los requisitos preestablecidos, así como, las diferentes normativas que tienen aplicación con respecto al intercambiador de calor de flujo por rotor.

También cabe destacar que se ha llevado a cabo el proceso de producción de todos los elementos que se ha desarrollado en este trabajo, de modo que es perfectamente realizable por cualquier empresa ya que se ha tratado de utilizar proveedores accesibles a cualquiera, llegando a identificarlos, al igual que se ha determinado de manera precisa las herramientas y maquinaria necesaria para su fabricación.

Otro aspecto importante es la realización de estos hitos a un bajo coste, de manera que se pueda plantear una implantación comercial.

## **CAPÍTULO 5: BIBLIOGRAFÍA**

<https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/ahorro-energetico-con-recuperadores-de-calor/>

[http://normativaconstruccion.cype.info/rd\\_1027\\_2007/pagina47.html](http://normativaconstruccion.cype.info/rd_1027_2007/pagina47.html)

<https://www.gasfriocalor.com/blog/radiadores/recuperadores-de-calor-para-locales-comerciales-precios-y-venta>

<https://www.solerpalau.com/es-es/blog/recuperador-entalpico/>

[http://www.recuperator.eu/esp/prodotti\\_rotativi.html](http://www.recuperator.eu/esp/prodotti_rotativi.html)

<http://www.tenso.es/utilidades/glosario.asp?termino=Galvanizado%20vs%20zincado>

<http://www.metalasa.es/files/Productos.pdf>

<https://galvanizacion.com/2013/01/09/diez-excelentes-razones-para-seguir-eligiendo-el-acero-galvanizado-en-caliente/>

[http://www.grupodisco.com/wp-content/uploads/FileManager/docs/RITE/RITE\\_2007\\_Comentarios.pdf](http://www.grupodisco.com/wp-content/uploads/FileManager/docs/RITE/RITE_2007_Comentarios.pdf)

<https://www.caloryfrio.com/phocadownload/informes/RITE-version-2013.pdf>

<https://www.boe.es/doue/2014/337/L00008-00026.pdf>

<https://www.bystronic.com/es/productos/prensas-plegadoras/>

<http://www.mecos.es/files/articulos/20070115-TEORIA-DEL-PLEGADO.pdf>

<https://previa.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema05.pdf>

<https://www.sitsa.es/es/productos/transmision-por-correas/calculo-longitud-correas>

[file:///C:/Users/Usuario/Downloads/catalogo\\_general\\_correas\\_texrope\\_SIT%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/catalogo_general_correas_texrope_SIT%20(1).pdf)

## **CAPÍTULO 6: ANEXOS**

# **ANEXO A**

c) Cumplimiento de la exigencia de calidad acústica del apartado 1.4.3.d

d) Cumplimiento de la exigencia de higiene del apartado 1.4.4.

#### IT 1.1.3. Documentación justificativa

El proyecto o memoria técnica, contendrá la siguiente documentación justificativa del cumplimiento de esta exigencia de bienestar térmico e higiene:

a) Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente térmico del apartado 1.4.1.

b) Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad de aire interior del apartado 1.4.2.

c) Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad acústica del apartado 1.4.3.

d) Justificación del cumplimiento de la exigencia de higiene del apartado 1.4.4.

#### IT 1.1.4. Caracterización y cuantificación de la exigencia de bienestar e higiene.

##### IT 1.1.4.1. Exigencia de calidad térmica del ambiente.

###### IT 1.1.4.1.1. Generalidades

La exigencia de calidad térmica del ambiente se considera satisfecha en el diseño y dimensionado de la instalación térmica, si los parámetros que definen el bienestar térmico, como la temperatura seca del aire y operativa, humedad relativa, temperatura radiante media del recinto, velocidad media del aire e intensidad de la turbulencia se mantienen en la zona ocupada dentro de los valores establecidos a continuación.

###### IT 1.1.4.1.2. Temperatura operativa y humedad relativa

1. Las condiciones interiores de diseño de la temperatura operativa y la humedad relativa se fijarán en base a la actividad metabólica de las personas, su grado de vestimenta y el porcentaje estimado de insatisfechos (PPD), según los siguientes casos:

a) Para personas con actividad metabólica sedentaria de 1,2 met, con grado de vestimenta de 0,5 clo en verano y 1 clo en invierno y un PPD entre el 10 y el 15 %, los valores de la temperatura operativa y de la humedad relativa estarán comprendidos entre los límites indicados en la tabla 1.4.1.1.

<b>Tabla 1.4.1.1 Condiciones interiores de diseño</b>		
Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa %
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50



b) Para valores diferentes de la actividad metabólica, grado de vestimenta y PPD del apartado a) es válido el cálculo de la temperatura operativa y la humedad relativa realizado por el procedimiento indicado en la norma UNE-EN ISO 7730.

2. Al cambiarlas condiciones exteriores la temperatura operativa se podrá variar entre los dos valores calculados para las condiciones extremas de diseño, Se podrá admitir una humedad relativa del 35 % en las condiciones extremas de invierno durante cortos períodos de tiempo.

3. La temperatura seca del aire de los locales que alberguen piscinas climatizadas se mantendrá entre 1 °C y 2 °C por encima de la del agua del vaso, con un máximo de 30 °C. La humedad relativa del local se mantendrá siempre por debajo del 65 %, para proteger los cerramientos de la formación de condensaciones.

#### IT 1.1.4.1.3. Velocidad media del aire

1. La velocidad del aire en la zona ocupada se mantendrá dentro de los límites de bienestar, teniendo en cuenta la actividad de las personas y su vestimenta, así como la temperatura del aire y la intensidad de la turbulencia.

2. La velocidad media admisible del aire en la zona ocupada ( $V$ ), se calculará de la forma siguiente:

Para valores de la temperatura seca  $t$  del aire dentro de los márgenes de 20 °C a 27 °C, se calculará con las siguientes ecuaciones:

a) Con difusión por mezcla, intensidad de la turbulencia del 40 % y PPD por corrientes de aire del 15 %:

$$V = \frac{t}{100} - 0,07 \quad m/s$$

b) Con difusión por desplazamiento, intensidad de la turbulencia del 15 % y PPD por corrientes de aire menor que el 10 %:

$$V = \frac{t}{100} - 0,10 \quad m/s$$

Para otro valor del porcentaje de personas insatisfechas PPD, es válido el método de cálculo de las normas UNE-EN ISO 7730 y UNE-EN 13779, así como el informe CR 1752.

3. La velocidad podrá resultar mayor, solamente en lugares del espacio que estén fuera de la zona ocupada, dependiendo del sistema de difusión adoptado o del tipo de unidades terminales empleadas.

#### IT 1.1.4.1.4. Otras condiciones de bienestar.

En la determinación de condiciones de bienestar en un edificio se tendrán en consideración otros aspectos descritos en la norma UNE-EN-ISO-7730, y se valorarán de acuerdo a los métodos de cálculo definidos en dicha norma tales como:

- a) Molestias por corrientes de aire.
- b) Diferencia vertical de la temperatura del aire. Estratificación.
- c) Suelos calientes y fríos.
- d) Asimetría de temperatura radiante.

#### IT 1.1.4.2. Exigencia de calidad del aire interior

##### IT 1.1.4.2.1. Generalidades

1. En los edificios de viviendas, a los locales habitables del interior de las mismas, los almacenes de residuos, los trasteros, los aparcamientos y garajes; y en los edificios de cualquier otro uso, a los aparcamientos y los garajes se consideran válidos los requisitos de calidad de aire interior establecidos en la Sección HS 3 del Código Técnico de la Edificación.

2. El resto de edificios dispondrá de un sistema de ventilación para el aporte del suficiente caudal de aire exterior que evite, en los distintos locales en los que se realice alguna actividad humana, la formación de elevadas concentraciones de contaminantes, de acuerdo con lo que se establece en el apartado 1.4.2.2 y siguientes. A los efectos de cumplimiento de este apartado se considera válido lo establecido en el procedimiento de la UNE-EN 13779.

##### IT 1.1.4.2.2. Categorías de calidad del aire interior en función del uso de los edificios

En función del uso del edificio o local, la categoría de calidad del aire interior (IDA) que se deberá alcanzar será, como mínimo, la siguiente:

IDA 1 (aire de óptima calidad): hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.

IDA 2 (aire de buena calidad): oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.

IDA 3 (aire de calidad media): edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.

## IDA 4 (aire de calidad baja)

### IT 1.1.4.2.3. Caudal mínimo del aire exterior de ventilación

1. El caudal mínimo de aire exterior de ventilación, necesario para alcanzar las categorías de calidad de aire interior que se indican en el apartado 1.4.2.2, se calculará de acuerdo con alguno de los cinco métodos que se indican a continuación.

#### A. Método indirecto de caudal de aire exterior por persona

a) Se emplearán los valores de la tabla 1.4.2.1 cuando las personas tengan una actividad metabólica de alrededor 1,2 met, cuando sea baja la producción de sustancias contaminantes por fuentes diferentes del ser humano y cuando no esté permitido fumar.

<b>Tabla 1.4.2.1 Caudales de aire exterior, en dm<sup>3</sup>/s por persona</b>	
Categoría	dm <sup>3</sup> /s por persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

b) Para locales donde esté permitido fumar, los caudales de aire exterior serán, como mínimo, el doble de los indicados en la tabla 1.4.2.1.

c) Cuando el edificio disponga de zonas específicas para fumadores, estas deben consistir en locales delimitados por cerramientos estancos al aire, y en depresión con respecto a los locales contiguos.

#### B. Método directo por calidad del aire percibido

En este método basado en el informe CR 1752 (método olfativo), los valores a emplear son los de la tabla 1.4.2.2.

<b>Tabla 1.4.2.2 Calidad del aire percibido, en decipols</b>	
Categoría	dp
IDA 1	0,8
IDA 2	1,2
IDA 3	2,0
IDA 4	3,0

#### C. Método directo por concentración de CO<sub>2</sub>

a) Para locales con elevada actividad metabólica (salas de fiestas, locales para el deporte y actividades físicas, etc.), en los que no está

permitido fumar, se podrá emplear el método de la concentración de CO<sub>2</sub>, buen indicador de las emisiones de bioefluentes humanos. Los valores se indican en la tabla 1.4.2.3.

<b>Tabla 1.4.2.3 Concentración de CO<sub>2</sub> en los locales</b>	
Categoría	ppm (*)
IDA 1	350
IDA 2	500
IDA 3	800
IDA 4	1.200

(\*) Concentración de CO<sub>2</sub> (en partes por millón en volumen) por encima de la concentración en el aire exterior

b) Para locales con elevada producción de contaminantes (piscinas, restaurantes, cafeterías, bares, algunos tipos de tiendas, etc.) se podrá emplear los datos de la tabla 1.4.2.3, aunque si se conocen la composición y caudal de las sustancias contaminantes se recomienda el método de la dilución del apartado E.

#### D. Método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie

Para espacios no dedicados a ocupación humana permanente, se aplicarán los valores de la tabla 1.4.2.4.

<b>Tabla 1.4.2.4 Caudales de aire exterior por unidad de superficie de locales no dedicados a ocupación humana permanente.</b>	
Categoría	dm <sup>3</sup> /(s·m <sup>2</sup> )
IDA 1	no aplicable
IDA 2	0,83
IDA 3	0,55
IDA 4	0,28

#### E. Método de dilución.

Cuando en un local existan emisiones conocidas de materiales contaminantes específicos, se empleará el método de dilución. Se considerarán válidos a estos efectos, los cálculos realizados como se indica en el apartado 6.4.2.3 de la EN 13779. La concentración obtenida de cada sustancia contaminante, considerando la concentración en el aire de impulsión SUP y las emisiones en los mismos locales, deberá ser menor que el límite fijado por las autoridades sanitarias.

2. En las piscinas climatizadas el aire exterior de ventilación necesario para la dilución de los contaminantes será de 2,5 dm<sup>3</sup>/s por metro cuadrado de superficie de la lámina

de agua y de la playa (no está incluida la zona de espectadores). A este caudal se debe añadir el necesario para controlar la humedad relativa, en su caso. El local se mantendrá con una presión negativa de entre 20 a 40 Pa con respecto a los locales contiguos.

3. En edificios para hospitales y clínicas son válidos los valores de la norma UNE 100713.

#### IT 1.1.4.2.4. Filtración del aire exterior mínimo de ventilación.

1. El aire exterior de ventilación, se introducirá debidamente filtrado en los edificios.
2. Las clases de filtración mínimas a emplear, en función de la calidad del aire exterior (ODA) y de la calidad del aire interior requerida (IDA), serán las que se indican en la tabla 1.4.2.5
3. La calidad del aire exterior (ODA) se clasificará de acuerdo con los siguientes niveles:

ODA 1: aire puro que se ensucia sólo temporalmente (por ejemplo polen).

ODA 2: aire con concentraciones altas de partículas y, o de gases contaminantes.

ODA 3: aire con concentraciones muy altas de gases contaminantes (ODA 3G) y, o de partículas (ODA 3P).

<b>Tabla 1.4.2.5 Clases de filtración</b>				
Calidad del aire exterior	Calidad del aire interior			
	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F5
ODA 2	F7 + F9	F6 + F8	F5 + F7	F5 + F6
ODA 3	F7+GF (*)+F9	F7+GF+F9	F5 + F7	F5 + F6

(\*) GF = Filtro de gas (filtro de carbono) y, o filtro químico o físico-químico (fotocatalítico) y solo serán necesarios en caso de que la ODA 3 se alcance por exceso de gases.

4. Se emplearán prefiltros para mantener limpios los componentes de las unidades de ventilación y tratamiento de aire, así como para alargar la vida útil de los filtros finales. Los prefiltros se instalarán en la entrada del aire exterior a la unidad de tratamiento, así como en la entrada del aire de retorno.

5. Los filtros finales se instalarán después de la sección de tratamiento y, cuando los locales sean especialmente sensibles a la suciedad (locales en los que haya que evitar la

contaminación por mezcla de partículas, como quirófanos o salas limpias, etc.), después del ventilador de impulsión, procurando que la distribución de aire sobre la sección de filtros sea uniforme.

6. En todas las secciones de filtración, salvo las situadas en tomas de aire exterior, se garantizarán las condiciones de funcionamiento en seco (no saturado).

7. Las secciones de filtros de la clase G4 o menor para las categorías del aire interior IDA 1, IDA 2 e IDA 3 solo se admitirán como secciones adicionales a las indicadas en la tabla 1.4.2.5.

8. Los aparatos de recuperación de calor deben estar siempre protegidos con una sección de filtros, cuya clase será la recomendada por el fabricante del recuperador; de no existir recomendación serán como mínimo de clase F6.

9. En las reformas, cuando no haya espacio suficiente para la instalación de las unidades de tratamiento de aire, el filtro final indicado en la tabla 1.4.2.5 se incluirá en los recuperadores de calor.

#### IT 1.1.4.2.5. Aire de extracción

1. En función del uso del edificio o local, el aire de extracción se clasifica en las siguientes categorías:

a) AE 1 (bajo nivel de contaminación): aire que procede de los locales en los que las emisiones más importantes de contaminantes proceden de los materiales de construcción y decoración, además de las personas.

Está excluido el aire que procede de locales donde se permite fumar. Están incluidos en este apartado: oficinas, aulas, salas de reuniones, locales comerciales sin emisiones específicas, espacios de uso público, escaleras y pasillos.

b) AE2 (moderado nivel de contaminación): aire de locales ocupado con más contaminantes que la categoría anterior, en los que, además, no está prohibido fumar.

Están incluidos en este apartado: restaurantes, habitaciones de hoteles, vestuarios, aseos, cocinas domésticas (excepto campana extractora), bares, almacenes.

c) AE3 (alto nivel de contaminación): aire que procede de locales con producción de productos químicos, humedad, etc.

Están incluidos en este apartado: saunas, cocinas industriales, imprentas, habitaciones destinadas a fumadores.



d) AE 4 (muy alto nivel de contaminación): aire que contiene sustancias olorosas y contaminantes perjudiciales para la salud en concentraciones mayores que las permitidas en el aire interior de la zona ocupada.

Están incluidos en este apartado: extracción de campanas de humos, aparcamientos, locales para manejo de pinturas y solventes, locales donde se guarda lencería sucia, locales de almacenamiento de residuos de comida, locales de fumadores de uso continuo, laboratorios químicos.

2. El caudal de aire de extracción de locales de servicio será como mínimo de 2 dm<sup>3</sup>/s por m<sup>2</sup> de superficie en planta.
3. Sólo el aire de categoría AE 1, exento de humo de tabaco, puede ser retornado a los locales.
4. El aire de categoría AE 2 puede ser empleado solamente como aire de transferencia de un local hacia locales de servicio, aseos y garajes.
5. El aire de las categorías AE 3 y AE 4 no puede ser empleado como aire de recirculación o de transferencia.
6. Cuando se mezclen aires de extracción de diferentes categorías el conjunto tendrá la categoría del más desfavorable; si las extracciones se realizan de manera independiente, la expulsión hacia el exterior del aire de las categorías AE3 y AE4 no puede ser común a la expulsión del aire de las categorías AE1 y AE2, para evitar la posibilidad de contaminación cruzada.

#### IT 1.1.4.3. Exigencia de higiene.

##### IT 1.1.4.3.1. Preparación de agua caliente para usos sanitarios.

1. En la preparación de agua caliente para usos sanitarios se cumplirá con la legislación vigente higiénico-sanitaria para la prevención y control de la legionelosis.
2. En los casos no regulados por la legislación vigente, el agua caliente sanitaria se preparará a una temperatura que resulte compatible con su uso, considerando las pérdidas en la red de tuberías.
3. Los sistemas, equipos y componentes de la instalación térmica, que de acuerdo con la legislación vigente higiénico-sanitaria para la prevención y control de la legionelosis deban ser sometidos a tratamientos de choque térmico se diseñarán para poder efectuar y soportar los mismos.
4. Los materiales empleados en el circuito resistirán la acción agresiva del agua sometida a tratamiento de choque químico.
5. No se permite la preparación de agua caliente para usos sanitarios mediante la mezcla directa de agua fría con condensado o vapor procedente de calderas.

# ANEXO B



En este análisis se deberá considerar y tener en cuenta aquellos sistemas que sean viables técnica, medioambiental y económicamente, en función del clima y de las características específicas del edificio y su entorno, como:

- a) Sistemas de producción de energía, basados en energías renovables, en particular la energía solar térmica y biomasa;
- b) La cogeneración, en los edificios de servicios en los que se prevea una actividad ocupacional y funcional superior a las 4.000 horas al año, y cuya previsión de consumo energético tenga una relación estable entre la energía térmica (calor y frío) y la energía eléctrica consumida a lo largo de todo el periodo de ocupación;
- c) La conexión a una red de calefacción y/o refrigeración urbana cuando ésta exista previamente;
- d) La calefacción y refrigeración centralizada;
- e) Las bombas de calor.

7. Cuando se deban comparar sistemas alternativos de producción frigorífica, es aceptable el cálculo del impacto total de calentamiento equivalente (TEWI), de acuerdo al método propuesto en el Anexo B de la parte 1 de la norma UNE-EN 378.

#### IT 1.2.4. Caracterización y cuantificación de la exigencia de eficiencia energética.

##### IT 1.2.4.1. Generación de calor y frío.

###### IT 1.2.4.1.1. Criterios generales

1. La potencia que suministren las unidades de producción de calor o frío que utilicen energías convencionales se ajustará a la demanda máxima simultánea de las instalaciones servidas, considerando las ganancias o pérdidas de calor a través de las redes de tuberías de los fluidos portadores, así como el equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de los fluidos.
2. En el procedimiento de análisis se estudiarán las distintas demandas al variar la hora del día y el mes del año, para hallar la demanda máxima simultánea, así como las demandas parciales y la mínima, con el fin de facilitar la selección del tipo y número de generadores.
3. Los generadores que utilicen energías convencionales se conectarán hidráulicamente en paralelo y se deben poder independizar entre sí. En casos excepcionales, que deben justificarse, los generadores de agua refrigerada podrán conectarse hidráulicamente en serie.
4. El caudal del fluido portador en los generadores podrá variar para adaptarse a la carga térmica instantánea, entre los límites mínimo y máximo establecidos por el fabricante.

5. Cuando se interrumpa el funcionamiento de un generador, deberá interrumpirse también el funcionamiento de los equipos accesorios directamente relacionados con el mismo, salvo aquellos que, por razones de seguridad o explotación, lo requiriesen.

#### IT 1.2.4.1.2. Generación de calor

##### IT 1.2.4.1.2.1. Requisitos mínimos de rendimientos energéticos de los generadores de calor.

1. En el proyecto o memoria técnica se indicarán las prestaciones energéticas de los generadores de calor.
2. Para las calderas, deberán indicarse los rendimientos a potencia útil nominal ( $P_n$ ) expresada en kW, y con una carga parcial del 30 por ciento ( $0,3 \cdot P_n$ ) y la temperatura media del agua en la caldera de acuerdo con lo que establece el Real Decreto 275/1995, de 24 de febrero. Los rendimientos indicados en los siguientes apartados corresponden a calderas de potencia útil nominal hasta 400 kW, las calderas de más de 400 kW tendrán un rendimiento al menos igual que el requerido para calderas de 400 kW.
3. Quedan excluidos de cumplir con los requisitos mínimos de rendimiento del punto 2 las calderas alimentadas por combustibles cuya naturaleza corresponda a recuperaciones de efluentes, subproductos o residuos, biomasa, gases residuales, y siempre que las emisiones producidas por los gases de combustión cumplan la normativa ambiental aplicable.
4. En el caso de generadores de calor que utilicen biomasa el rendimiento mínimo instantáneo exigido será del 80 por ciento a plena carga, salvo las estufas e insertables de combustible de leña, cuyo rendimiento mínimo será del 65 por ciento.
5. Cuando el generador de calor utilice biocombustibles sólidos sólo se deberá indicar el rendimiento instantáneo del conjunto cuerpo de generador-sistema de combustión para el 100 por ciento de la potencia útil nominal, para uno de los biocombustibles sólidos que se prevé se utilizará en su alimentación o, en su caso, la mezcla de biocombustibles.
6. Se indicará el rendimiento y la temperatura media del agua del conjunto cuerpo de generador-quemador o conjunto cuerpo de generador-sistema de combustión cuando se utilice biomasa, a la potencia máxima demandada por el sistema de calefacción y, en su caso, por el sistema de preparación de agua caliente sanitaria.
7. Queda prohibida la instalación de calderas individuales y calentadores a gas de hasta 70 kW de tipo B de acuerdo con las definiciones dadas en la norma UNE-CEN/TR 1749 IN, salvo si se sitúan en locales que cumplen los requisitos establecidos para las salas de máquinas. Esta prohibición no afecta a los aparatos tipo B3x.
8. En los edificios de nueva construcción, las calderas que utilizan combustibles fósiles para calefacción deberán tener:

a) Para gas:

1. Rendimiento a potencia útil nominal y una temperatura media del agua en la caldera de 70 °C:  $n \geq 90 + 2 \log P_n$ .
2. Rendimiento a carga parcial de  $0,3 \cdot P_n$  y a una temperatura de retorno del agua a la caldera de 30 °C:  $n \geq 97 + \log P_n$ .

El control del sistema se basará en sonda exterior de compensación de temperatura y/o termostato modulante, de forma que modifique la temperatura de ida a emisores adaptándolos a la demanda.

b) Para gasóleo, las calderas estándar:

1. Rendimiento a potencia útil nominal y una temperatura media del agua en la caldera de 70 °C:  $n \geq 90 + 2 \log P_n$ .
2. Rendimiento a carga parcial de  $0,3 \cdot P_n$  y a una temperatura media del agua en la caldera igual o superior a 50 °C:  $n \geq 86 + 3 \log P_n$ .

9. Los emisores deberán estar calculados para una temperatura media de emisor de 60 °C como máximo.

10. En las instalaciones que se reformen, queda prohibida la instalación de calderas estándar para calefacción de combustibles fósiles que no cumplan las siguientes características:

1. Rendimiento a potencia útil nominal y una temperatura media del agua en la caldera de 70 °C:  $n \geq 90 + 2 \log P_n$ .
2. Rendimiento a carga parcial de  $0,3 \cdot P_n$  y a una temperatura media del agua en la caldera igual o superior a 50 °C:  $n \geq 86 + 3 \log P_n$ .

11. Las bombas de calor deberán cumplir los siguientes requisitos:

- a) Los equipos de hasta 12 kW de potencia útil nominal, deberán llevar incorporados los valores de etiquetado energético (COP/SCOP) correspondientes a la normativa europea en vigor.
- b) Aquellos equipos de potencia útil nominal superior a 12 kW deberán llevar incorporados los valores de etiquetado energético (COP/SCOP) determinados por la normativa europea en vigor, cuando exista la misma, o por entidades de certificación europea.
- c) Los fabricantes aportarán las tablas de funcionamiento de los equipos a distintas temperaturas, al objeto de facilitar la evaluación y rendimiento energético de la instalación.

d) La temperatura del agua a la salida de las plantas deberá ser mantenida constante al variar la carga, salvo excepciones que se justificarán.

e) Se procurará que la potencia máxima en los equipos se obtenga con el salto máximo de temperaturas de entrada y salida establecido por el fabricante, de modo que el caudal del fluido caloportador sea mínimo para dicha potencia máxima. Esta situación se puede mantener en carga parcial si se disponen de bombas de caudal variable que permitan regular el caudal para el salto térmico.

12. El resto de generadores de calor para los que en este apartado no se han establecido requisitos específicos de rendimiento, deberán cumplir con los requisitos fijados por la normativa europea en vigor.

#### IT 1.2.4.1.2.2. Fraccionamiento de potencia

1. Se dispondrán los generadores necesarios en número, potencia y tipos adecuados, según el perfil de la carga térmica prevista.

2. Las centrales de producción de calor equipadas con generadores que utilicen combustible líquido o gaseoso, cumplirán con estos requisitos:

a) Si la potencia útil nominal a instalar es mayor que 400 kW se instalarán dos o más generadores.

b) Si la potencia útil nominal a instalar es igual o menor que 400 kW y la instalación suministra servicio de calefacción y de agua caliente sanitaria, se podrá emplear un único generador siempre que la potencia demandada por el servicio de agua caliente sanitaria sea igual o mayor que la del escalón de potencia mínimo.

3. Se podrán adoptar soluciones distintas a las establecidas en el apartado 2 de esta IT, siempre que se justifique técnicamente que la solución propuesta es al menos equivalente desde el punto de vista de la eficiencia energética y de acuerdo con lo establecido en el apartado 2.b) del artículo 14 de este reglamento. En las reformas el número de calderas puede estar limitado por el espacio disponible en cuyo caso se seleccionarán los equipos que mejor se adecuen a las diferentes demandas, por ejemplo calderas de condensación con quemadores modulantes, etc.

4. Quedan excluidos de cumplir con los requisitos establecidos en el apartado 2 de esta IT, los generadores de calor alimentados por combustibles cuya naturaleza corresponda a recuperaciones de efluentes, subproductos o residuos, como biomasa, gases residuales y cuya combustión no se vea afectada por limitaciones relativas al impacto ambiental.

5. Los generadores a gas de tipo modular se considerarán como un único generador, salvo cuando dispongan de un sistema automático que independice el circuito hidráulico, de tal forma que se consiga la parcialización del conjunto.

# ANEXO C

**REGLAMENTO (UE) N° 1253/2014 DE LA COMISIÓN****de 7 de julio de 2014****por el que se desarrolla la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que se refiere a los requisitos de diseño ecológico aplicables a las unidades de ventilación****(Texto pertinente a efectos del EEE)**

LA COMISIÓN EUROPEA,

Visto el Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea,

Vista la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, por la que se instauro un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía <sup>(1)</sup>, y, en particular, su artículo 15, apartado 1,

Considerando lo siguiente:

- (1) De conformidad con la Directiva 2009/125/CE, los productos relacionados con la energía que representen un volumen significativo de ventas y comercio, tengan un importante impacto medioambiental en la Unión y presenten posibilidades significativas de mejora por lo que se refiere al impacto medioambiental, sin que ello suponga costes excesivos, deben estar cubiertos por una medida de ejecución o una medida de autorregulación relativas a los requisitos de diseño ecológico.
- (2) La Comisión ha evaluado los aspectos técnicos, medioambientales y económicos de las unidades de ventilación. Esa evaluación ha puesto de manifiesto que las unidades de ventilación se introducen en el mercado de la Unión en grandes cantidades. El consumo de energía en la fase de utilización es el aspecto medioambiental más importante de las unidades de ventilación y presenta posibilidades significativas de ahorro de energía y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de una manera rentable.
- (3) Los ventiladores constituyen una parte importante de las unidades de ventilación. En el Reglamento (UE) n° 327/2011 de la Comisión <sup>(2)</sup> se establecen los requisitos genéricos mínimos de eficiencia energética aplicables a los ventiladores. Aunque el consumo de electricidad de las funciones de ventilación de los ventiladores que forman parte de unidades de ventilación entra en el ámbito de aplicación de los requisitos mínimos de rendimiento energético del citado Reglamento, muchas unidades de ventilación utilizan ventiladores a los que no se aplican dichos requisitos. Por consiguiente, es preciso introducir medidas de ejecución aplicables a las unidades de ventilación.
- (4) Debe distinguirse entre las medidas aplicables a las unidades de ventilación residenciales y las aplicables a las unidades de ventilación no residenciales, sobre la base de su caudal individual, ya que en la práctica se emplean dos normas diferentes de medición.
- (5) Conviene que las unidades de ventilación pequeñas con una potencia eléctrica de entrada inferior a 30 W por corriente de aire queden exentas del cumplimiento de los requisitos del presente Reglamento, salvo a efectos informativos. Tales unidades están diseñadas para una amplia variedad de aplicaciones y funcionan predominantemente de manera intermitente y solo con funciones suplementarias, por ejemplo en cuartos de baño. La inclusión de esas unidades supondría una carga administrativa considerable en cuanto a vigilancia del mercado, dado que se venden en gran número y, sin embargo, su contribución al posible ahorro de energía sería reducida. No obstante, teniendo en cuenta que ofrecen funcionalidades similares a las de otras unidades de ventilación, su posible inclusión debe abordarse de forma semejante cuando se reexamine el presente Reglamento. Por otro lado, también conviene que queden exentas las unidades de ventilación diseñadas específicamente para funcionar solo en casos de emergencia o en entornos excepcionales o peligrosos, pues se utilizan en pocas ocasiones y durante poco tiempo. Estas exenciones aclaran asimismo la exclusión de las unidades multifuncionales cuya función predominante es calentar o enfriar, así como las campanas extractoras de cocina. La Comisión ha realizado estudios preparatorios para analizar los aspectos técnicos, medioambientales y económicos de las unidades de ventilación residenciales y no residenciales. Los estudios se han realizado conjuntamente con las partes interesadas de la Unión y terceros países y los resultados se han hecho públicos.

<sup>(1)</sup> DO L 285 de 31.10.2009, p. 10.

<sup>(2)</sup> Reglamento (UE) n° 327/2011 de la Comisión, de 30 de marzo de 2011, por el que se aplica la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a los requisitos de diseño ecológico para los ventiladores de motor con una potencia eléctrica de entrada comprendida entre 125 W y 500 kW (DO L 90 de 6.4.2011, p. 8).

- (6) El parámetro medioambiental de los productos analizados que se ha considerado más significativo a efectos del presente Reglamento es el consumo de energía en la fase de utilización. Se calculó que el consumo de electricidad anual de los productos sujetos al presente Reglamento había sido en la Unión de 77,6 TWh en 2010. Al mismo tiempo, estos productos ahorraron 2 570 PJ de energía para el calentamiento de espacios. De forma agregada, si se aplica un coeficiente de conversión de energía primaria de 2,5 para la electricidad, el balance energético es de 1 872 PJ de ahorro anual de energía primaria en 2010. Sin medidas específicas, se prevé que el ahorro agregado alcance los 2 829 PJ en 2025.
- (7) Según los estudios preparatorios, el consumo de energía de los productos sujetos al presente Reglamento puede reducirse de forma significativa. Se espera que el efecto combinado de los requisitos de diseño ecológico expuestos en el presente Reglamento y en el Reglamento Delegado (UE) n° 1254/2014 de la Comisión <sup>(1)</sup> genere un incremento agregado del ahorro de 1 300 PJ (45 %), hasta alcanzar 4 130 PJ en 2025.
- (8) Los estudios preparatorios ponen de manifiesto que los requisitos relativos a los demás parámetros de diseño ecológico mencionados en la parte 1 del anexo I de la Directiva 2009/125/CE no son necesarios en el caso de las unidades de ventilación, ya que el consumo de energía en la fase de utilización es, con mucho, el parámetro medioambiental más importante.
- (9) Los requisitos de diseño ecológico deben introducirse gradualmente, a fin de que los fabricantes dispongan de tiempo suficiente para rediseñar los productos sujetos al presente Reglamento. El calendario debe establecerse teniendo en cuenta la repercusión en los costes para los usuarios finales y para los fabricantes, en particular pequeñas y medianas empresas, y garantizando la mejora del comportamiento medioambiental de las unidades de ventilación sin retrasos innecesarios.
- (10) Los parámetros de los productos deben medirse y calcularse con métodos fiables, exactos y reproducibles, que tengan en cuenta los métodos de medición y cálculo más avanzados reconocidos, incluidas, en su caso, las normas armonizadas adoptadas por los organismos europeos de normalización a petición de la Comisión y de conformidad con los procedimientos establecidos en el Reglamento (UE) n° 1025/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo <sup>(2)</sup>.
- (11) En la medida de ejecución deben establecerse índices de referencia para los tipos de unidades de ventilación con eficiencia energética elevada actualmente disponibles, tomando como base la información recogida durante la preparación de la medida, a fin de que los fabricantes puedan utilizarlos para evaluar soluciones de diseño alternativas y el comportamiento medioambiental conseguido del producto con relación a esos índices de referencia. Esto ayudará a garantizar la amplia disponibilidad de la información y el fácil acceso a la misma, en particular para las PYME y las empresas muy pequeñas, lo que a su vez facilitará la integración de las mejores tecnologías de diseño y el desarrollo de productos más eficientes para la reducción del consumo energético.
- (12) Se ha consultado al Foro Consultivo al que se refiere el artículo 18 de la Directiva 2009/125/CE.
- (13) Las medidas previstas en el presente Reglamento se ajustan al dictamen del Comité creado en virtud del artículo 19, apartado 1, de la Directiva 2009/125/CE.

HA ADOPTADO EL PRESENTE REGLAMENTO:

#### *Artículo 1*

### **Objeto y ámbito de aplicación**

1. El presente Reglamento se aplica a las unidades de ventilación y establece los requisitos de diseño ecológico para su introducción en el mercado o su puesta en servicio.
2. El presente Reglamento no será de aplicación para las unidades de ventilación que:
  - a) sean unidireccionales (extracción o impulsión) y tengan una potencia eléctrica de entrada inferior a 30 W, salvo a efectos informativos;

<sup>(1)</sup> Reglamento Delegado (UE) n° 1254/2014 de la Comisión, de 11 de julio de 2014, que complementa la Directiva 2010/30/UE del Parlamento Europeo y del Consejo por lo que respecta al etiquetado energético de las unidades de ventilación residenciales (véase la página 27 del presente Diario Oficial).

<sup>(2)</sup> Reglamento (UE) n° 1025/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, sobre la normalización europea (DO L 316 de 14.11.2012, p. 12).

- b) sean bidireccionales y cuyos ventiladores dispongan de una potencia eléctrica de entrada total inferior a 30 W por corriente de aire, salvo a efectos informativos;
- c) sean ventiladores axiales o centrífugos equipados únicamente con una envolvente a tenor del Reglamento (UE) n° 327/2011;
- d) estén exclusivamente destinadas a funcionar en atmósferas potencialmente explosivas, tal como se definen en la Directiva 94/9/CE del Parlamento Europeo y del Consejo <sup>(1)</sup>;
- e) estén exclusivamente destinadas a funcionar en caso de emergencia, durante espacios breves de tiempo y con arreglo a los requisitos básicos de las obras de construcción relativos a la seguridad en caso de incendio conforme al Reglamento (UE) n° 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo <sup>(2)</sup>;
- f) estén exclusivamente destinadas a funcionar:
  - i) cuando la temperatura de funcionamiento del aire desplazado exceda de 100 °C,
  - ii) cuando la temperatura ambiente de funcionamiento del motor que acciona el ventilador, si dicho motor está situado fuera de la corriente de aire, exceda de 65 °C,
  - iii) cuando la temperatura del aire desplazado o la temperatura ambiente de funcionamiento del motor, si está situado fuera de la corriente de aire, sean inferiores a – 40 °C,
  - iv) cuando la tensión de alimentación exceda de 1 000 V CA o 1 500 V CC,
  - v) en ambientes tóxicos, altamente corrosivos o inflamables o en ambientes con sustancias abrasivas;
- g) incluyan un cambiador de calor y una bomba de calor para la recuperación de calor, o que permitan una transferencia o extracción de calor adicionales a las del sistema de recuperación de calor, salvo la transferencia de calor con fines de protección contra el escarche o de desescarche;
- h) se clasifiquen como campanas extractoras sujetas al Reglamento (UE) n° 66/2014 de la Comisión <sup>(3)</sup>, sobre aparatos de cocina.

## Artículo 2

### Definiciones

A efectos del presente Reglamento se aplicarán las siguientes definiciones:

- 1) «unidad de ventilación»: aparato eléctrico provisto, como mínimo, de un rotor, un motor y una envolvente, destinado a sustituir el aire utilizado por aire del exterior en un edificio o en parte de un edificio;
- 2) «unidad de ventilación residencial»: unidad de ventilación cuyo
  - a) caudal máximo no excede de 250 m<sup>3</sup>/h;
  - b) caudal máximo va de 250 a 1 000 m<sup>3</sup>/h, habiendo declarado el fabricante que el uso previsto se limita exclusivamente a aplicaciones de ventilación residencial;
- 3) «unidad de ventilación no residencial»: unidad de ventilación cuyo caudal máximo excede de 250 m<sup>3</sup>/h y si, yendo el caudal máximo de 250 a 1 000 m<sup>3</sup>/h, el fabricante no ha declarado que el uso previsto se limite exclusivamente a aplicaciones de ventilación residencial;
- 4) «caudal máximo»: flujo volumétrico máximo de aire declarado de una unidad de ventilación que puede alcanzarse, con mandos integrados o con mandos separados suministrados conjuntamente, en condiciones ambientales estándar (20 °C) y a 101 325 Pa, habiéndose instalado la unidad completa (por ejemplo, con filtros limpios) siguiendo las instrucciones del fabricante; en el caso de unidades de ventilación residenciales con conductos, el caudal máximo se relaciona con el flujo de aire a 100 Pa de diferencia de presión estática externa y, en el caso de unidades de ventilación residenciales sin conductos, con el flujo de aire a la diferencia de presión total más baja alcanzable del conjunto de valores de 10 [mínima]-20-50-100-150-200-250 Pa, escogiendo el que sea igual o inmediatamente inferior al valor medido de diferencia de presión;

<sup>(1)</sup> Directiva 94/9/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de marzo de 1994, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas (DO L 100 de 19.4.1994, p. 1).

<sup>(2)</sup> Reglamento (UE) n° 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE del Consejo (DO L 88 de 4.4.2011, p. 5).

<sup>(3)</sup> Reglamento (UE) n° 66/2014 de la Comisión, de 14 de enero de 2014, por el que se aplica la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a los requisitos de diseño ecológico aplicables a los hornos, las placas de cocina y las campanas extractoras de uso doméstico (DO L 29 de 31.1.2014, p. 33).



- 5) «unidad de ventilación unidireccional»: unidad de ventilación que genera un flujo de aire en un solo sentido, del interior al exterior (extracción) o del exterior al interior (impulsión), y en la que el flujo de aire generado mecánicamente se equilibra con el aporte o la extracción naturales de aire;
- 6) «unidad de ventilación bidireccional»: unidad de ventilación que genera un flujo de aire entre el interior y el exterior y está provista de ventiladores extractores e impulsores;
- 7) «modelo de unidad de ventilación equivalente»: unidad de ventilación con las mismas características técnicas según los requisitos de información sobre el producto aplicables, pero introducida en el mercado por el mismo fabricante, representante autorizado o importador como modelo de unidad de ventilación diferente.

En el anexo I figuran otras definiciones a efectos de los anexos II a IX.

### Artículo 3

#### Requisitos de diseño ecológico

1. A partir del 1 de enero de 2016, las unidades de ventilación residenciales deberán cumplir los requisitos específicos de diseño ecológico que figuran en el anexo II, punto 1.
2. A partir del 1 de enero de 2016, las unidades de ventilación no residenciales deberán cumplir los requisitos específicos de diseño ecológico que figuran en el anexo III, punto 1.
3. A partir del 1 de enero de 2018, las unidades de ventilación residenciales deberán cumplir los requisitos específicos de diseño ecológico que figuran en el anexo II, punto 2.
4. A partir del 1 de enero de 2018, las unidades de ventilación no residenciales deberán cumplir los requisitos específicos de diseño ecológico que figuran en el anexo III, punto 2.

### Artículo 4

#### Requisitos de información

1. A partir del 1 de enero de 2016, los fabricantes, sus representantes autorizados y los importadores de unidades de ventilación residenciales deberán cumplir los requisitos de información que figuran en el anexo IV.
2. A partir del 1 de enero de 2016, los fabricantes, sus representantes autorizados y los importadores de unidades de ventilación no residenciales deberán cumplir los requisitos de información que figuran en el anexo V.

### Artículo 5

#### Evaluación de la conformidad

1. Los fabricantes de unidades de ventilación deberán realizar la evaluación de la conformidad establecida en el artículo 8 de la Directiva 2009/125/CE aplicando el sistema de control interno del diseño expuesto en el anexo IV de la citada Directiva o el sistema de gestión descrito en su anexo V.

A efectos de la evaluación de la conformidad de las unidades de ventilación residenciales, el cálculo del requisito de consumo de energía específico se efectuará conforme al anexo VIII del presente Reglamento.

A efectos de la evaluación de la conformidad de las unidades de ventilación no residenciales, las mediciones y los cálculos de los requisitos específicos de diseño ecológico se efectuarán conforme al anexo IX del presente Reglamento.

2. El registro de documentación técnica elaborado conforme al anexo IV de la Directiva 2009/125/CE deberá incluir una copia de la información sobre el producto que figura en los anexos IV y V del presente Reglamento.

Cuando la información incluida en la documentación técnica de un modelo de unidad de ventilación concreto se haya obtenido mediante cálculo sobre la base del diseño o por extrapolación de otras unidades de ventilación, o ambas cosas, la documentación técnica deberá contener la siguiente información:

- a) detalles de los cálculos o las extrapolaciones, o de ambos;
- b) detalles de los ensayos realizados por los fabricantes para verificar la exactitud de los cálculos y las extrapolaciones;

- c) una lista de los demás modelos de unidades de ventilación cuya documentación técnica contenga información obtenida sobre la misma base;
- d) una lista de modelos de unidad de ventilación equivalentes.

#### Artículo 6

### Procedimiento de verificación a efectos de vigilancia del mercado

Las autoridades de los Estados miembros deberán seguir el procedimiento de verificación expuesto en el anexo VI cuando realicen la vigilancia del mercado a la que se refiere el artículo 3, apartado 2, de la Directiva 2009/125/CE, a fin de garantizar el cumplimiento de los requisitos aplicables a las unidades de ventilación residenciales y a las unidades de ventilación no residenciales establecidos en los anexos II y III, respectivamente, del presente Reglamento.

#### Artículo 7

### Índices de referencia

En el anexo VII del presente Reglamento figuran los índices de referencia a los que se refiere el punto 2 de la parte 3 del anexo I de la Directiva 2009/125/CE, que han de aplicarse a las unidades de ventilación.

#### Artículo 8

### Reexamen

La Comisión evaluará la necesidad de establecer requisitos sobre los índices de fuga de aire a la luz del progreso tecnológico y presentará los resultados de esa evaluación al Foro Consultivo no más tarde del 1 de enero de 2017.

La Comisión reexaminará el presente Reglamento a la luz del progreso tecnológico y presentará los resultados de ese reexamen al Foro Consultivo no más tarde del 1 de enero de 2020.

En el reexamen deberán evaluarse los siguientes aspectos:

- a) la posible ampliación del ámbito de aplicación del presente Reglamento a unidades unidireccionales con una potencia eléctrica de entrada inferior a 30 W y a unidades bidireccionales cuyos ventiladores dispongan de una potencia eléctrica de entrada total inferior a 30 W por corriente de aire;
- b) las tolerancias de verificación indicadas en el anexo VI;
- c) la conveniencia de tener en cuenta los efectos que la utilización de filtros de bajo consumo de energía puede tener en la eficiencia energética;
- d) la necesidad de establecer otra fase con requisitos de diseño ecológico más estrictos.

#### Artículo 9

### Entrada en vigor

El presente Reglamento entrará en vigor el vigésimo día siguiente al de su publicación en el *Diario Oficial de la Unión Europea*.

El presente Reglamento será obligatorio en todos sus elementos y directamente aplicable en cada Estado miembro.

Hecho en Bruselas, el 7 de julio de 2014.

Por la Comisión

El Presidente

José Manuel BARROSO

## ANEXO I

## Definiciones

Definiciones aplicables a efectos de los anexos II a IX del presente Reglamento:

**1. Definiciones:**

- 1) «consumo de energía específico» [expresado en kWh/(m<sup>2</sup>.a)]: coeficiente para expresar la energía consumida en ventilación por metro cuadrado de superficie de suelo calentada de una vivienda o un edificio, calculado para unidades de ventilación residenciales conforme al anexo VIII;
- 2) «nivel de potencia acústica ( $L_{WA}$ )»: nivel de potencia sonora con ponderación A radiado por la envolvente, expresado en decibelios (dB) con relación a la potencia sonora de un picovatio (1 pW), transmitido por el aire con el caudal de referencia;
- 3) «accionamiento de varias velocidades»: motor de ventilador capaz de funcionar a tres o más velocidades fijas, además de la posición de parada (*off*);
- 4) «accionamiento de velocidad variable»: controlador electrónico integrado o que funciona como sistema o como elemento suministrado por separado con el motor y el ventilador y que adapta de manera continua la energía eléctrica suministrada al motor a fin de controlar el caudal;
- 5) «sistema de recuperación de calor»: parte de una unidad de ventilación bidireccional provista de un cambiador de calor diseñado para transmitir el calor contenido en el aire (contaminado) extraído al aire (fresco) impulsado;
- 6) «eficiencia térmica de un sistema de recuperación de calor residencial ( $\eta_r$ )»: razón entre la elevación de temperatura del aire impulsado y la bajada de temperatura del aire extraído, ambas con relación a la temperatura exterior, medidas con el sistema de recuperación de calor en seco y en condiciones ambientales estándar, con flujo másico equilibrado al caudal de referencia y una diferencia térmica entre el interior y el exterior de 13 K, sin corrección en función de la ganancia de calor procedente de los motores de los ventiladores;
- 7) «índice de fuga interna»: fracción de aire extraído presente en el aire impulsado de las unidades de ventilación con sistema de recuperación de calor como resultado de una fuga entre los flujos de aire extraído y aire impulsado dentro de la envolvente mientras la unidad funciona con el flujo volumétrico de aire de referencia, medida en los conductos; el ensayo deberá realizarse a 100 Pa, en el caso de las unidades de ventilación residenciales, y a 250 Pa, en el de las unidades de ventilación no residenciales;
- 8) «traspaso»: porcentaje de aire extraído que retorna al aire impulsado en un cambiador de calor regenerativo con arreglo al flujo de referencia;
- 9) «índice de fuga externa»: fracción de fuga del flujo volumétrico de aire de referencia que, procedente del aire circundante, penetra en el interior de la envolvente de una unidad cuando esta se somete a un ensayo de presión, o bien escapa de su interior hacia el aire circundante; el ensayo deberá realizarse a 250 Pa, en el caso de las unidades de ventilación residenciales, y a 400 Pa, en el de las unidades de ventilación no residenciales, tanto de subpresión como de sobrepresión;
- 10) «mezcla»: recirculación o cortocircuito inmediatos de los flujos de aire entre las aberturas de descarga y admisión en los terminales tanto interiores como exteriores, de modo que no contribuyen a la ventilación efectiva del espacio construido, estando la unidad en funcionamiento con el flujo volumétrico de aire de referencia;
- 11) «índice de mezcla»: fracción de aire extraído, como parte del volumen de aire de referencia total, que recircula entre las aberturas de descarga y admisión en los terminales tanto interiores como exteriores, de modo que no contribuye a la ventilación efectiva del espacio construido, estando la unidad en funcionamiento con el volumen de aire de referencia (medido a un metro de distancia del conducto interior de impulsión), menos el índice de fuga interna;
- 12) «potencia de entrada efectiva» (expresada en W): potencia eléctrica de entrada con el caudal de referencia y la correspondiente diferencia de presión externa total, incluida la demanda eléctrica de los ventiladores, los mandos (incluidos los mandos a distancia) y la bomba de calor (si está integrada);
- 13) «potencia de entrada específica» [expresada en W/(m<sup>3</sup>/h)]: razón entre la potencia de entrada efectiva (en W) y el caudal de referencia (en m<sup>3</sup>/h);
- 14) «diagrama de caudal-presión»: conjunto de curvas correspondientes al caudal (eje de abscisas) y a la diferencia de presión de una unidad de ventilación residencial unidireccional o el lado de impulsión de una unidad de ventilación residencial bidireccional, en el que cada curva representa una velocidad del ventilador con un mínimo de ocho puntos de ensayo equidistantes, estando el número de curvas determinado por el número de opciones discrecionales de velocidades del ventilador (una, dos o tres) o, en el caso de un accionamiento de ventilador de velocidad variable, con por lo menos una curva mínima, una curva máxima y una curva intermedia apropiada próxima al volumen de aire de referencia y a la diferencia de presión para el ensayo de la potencia de entrada específica;

- 15) «caudal de referencia» (expresado en  $\text{m}^3/\text{s}$ ): valor de la abscisa a un punto de una curva del diagrama de caudal-presión situado en un punto de referencia, o lo más cercano posible a él, al 70 % como mínimo del caudal máximo y a 50 Pa, en el caso de las unidades con conductos, y a una presión mínima, en el caso de las unidades sin conductos; si se trata de unidades de ventilación bidireccionales, el flujo volumétrico de aire de referencia se aplica a la abertura de salida del aire impulsado;
- 16) «factor del mando (CTRL)»: factor de corrección para el cálculo del consumo de energía específico en función del tipo de mando que forma parte de la unidad de ventilación, de acuerdo con la descripción del anexo VIII, cuadro 1;
- 17) «parámetro de mando»: parámetro mensurable o conjunto de parámetros mensurables que se suponen representativos de la demanda de ventilación, por ejemplo la humedad relativa, el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), los compuestos orgánicos volátiles u otros gases, la detección de presencia, movimiento u ocupación a partir del calor corporal infrarrojo o de la reflexión de ondas ultrasónicas, o las señales eléctricas provenientes del accionamiento humano de luces o equipos;
- 18) «mando manual»: todo tipo de mando sin control de la demanda;
- 19) «control de la demanda»: dispositivo o conjunto de dispositivos que, integrados o suministrados por separado, miden un parámetro de mando y utilizan el resultado de esa medición para regular automáticamente el caudal de la unidad o los caudales de los conductos;
- 20) «temporizador»: interfaz humana regulada por un reloj (de control diurno) para controlar la velocidad del ventilador o el caudal de la unidad de ventilación, con un mínimo de siete ajustes semanales manuales del caudal regulable para un mínimo de dos períodos de interrupción, es decir, períodos con un caudal reducido o nulo;
- 21) «ventilación en función de la demanda»: unidad de ventilación con control de la demanda;
- 22) «unidad con conductos»: unidad de ventilación destinada a ventilar una o más estancias o uno o más espacios cerrados en un edificio por medio de conductos de aire, pensada para ir provista de conexiones de conductos;
- 23) «unidad sin conductos»: unidad de ventilación destinada a ventilar una única estancia o un único espacio cerrado en un edificio, no pensada para ir provista de conexiones de conductos;
- 24) «control de la demanda central»: control de la demanda de una unidad de ventilación con conductos que regula continuamente la velocidad o las velocidades del ventilador y el caudal basándose en un solo sensor para la totalidad o parte del edificio ventilado, de forma centralizada;
- 25) «control de la demanda local»: control de la demanda de una unidad de ventilación que regula continuamente la velocidad o las velocidades del ventilador y los caudales basándose en más de un sensor, si se trata de una unidad de ventilación con conductos, o en un solo sensor, si se trata de una unidad sin conductos;
- 26) «presión estática ( $p_s$ )»: presión total menos presión dinámica del ventilador;
- 27) «presión total ( $p_t$ )»: diferencia entre la presión de remanso en la salida del ventilador y la presión de remanso en la entrada del ventilador;
- 28) «presión de remanso»: presión medida en un punto de un flujo de gas si se hiciera reposar por medio de un proceso isoentrópico;
- 29) «presión dinámica»: presión calculada a partir del caudal másico y de la densidad media del gas en la salida y en la zona de salida de la unidad;
- 30) «cambiador de calor recuperativo»: cambiador de calor destinado a transferir energía térmica de una corriente de aire a otra sin piezas móviles, como un cambiador de calor de placas o de tubos con flujos paralelos, cruzados o en contracorriente, o una combinación de estos, o un cambiador de calor de placas o de tubos con difusión de vapor;
- 31) «cambiador de calor regenerativo»: cambiador de calor rotatorio con una rueda giratoria para transferir energía térmica de una corriente de aire a otra, provisto de material que permite la transferencia de calor latente, un mecanismo de accionamiento, una envolvente o armazón y juntas para reducir la derivación y fuga de aire de una corriente u otra; estos cambiadores de calor presentan diversos grados de recuperación de humedad en función del material utilizado;
- 32) «sensibilidad del flujo de aire a las variaciones de presión»: en una unidad de ventilación residencial sin conductos, razón entre la desviación máxima del caudal máximo a + 20 Pa y a - 20 Pa de diferencia de presión externa total;

- 33) «estanqueidad al aire interior/exterior»: en una unidad de ventilación residencial sin conductos, caudal (expresado en  $\text{m}^3/\text{h}$ ) entre el interior y el exterior con el ventilador o los ventiladores apagados;
- 34) «unidad de doble uso»: unidad de ventilación diseñada con fines tanto de ventilación como de extracción de llamas o humos y que cumple los requisitos básicos aplicables a las obras de construcción en lo que se refiere a la seguridad en caso de incendio contenidos en el Reglamento (UE) n° 305/2011;
- 35) «elemento de baipás térmico»: toda solución que eluda el cambiador de calor o controle automática o manualmente su rendimiento de recuperación de calor, sin que se requiera necesariamente un baipás físico del flujo de aire (por ejemplo, caja de verano, control de la velocidad del rotor o control del flujo de aire).

## 2. Definiciones relativas a las unidades de ventilación no residenciales, que se suman a las del anexo I, parte 1:

- 1) «potencia eléctrica de entrada nominal ( $P$ )» (expresada en kW): potencia eléctrica de entrada efectiva de los accionamientos de los ventiladores, incluidos sus elementos de mando del motor, a la presión externa nominal y con el flujo de aire nominal;
- 2) «eficiencia del ventilador ( $\eta_{v_{\text{ventilador}}}$ )»: eficiencia estática, incluida la eficiencia del motor y del accionamiento de cada ventilador de la unidad de ventilación (configuración de referencia), determinada con el flujo de aire nominal y la caída de presión externa nominal;
- 3) «configuración de referencia de una unidad de ventilación bidireccional»: producto configurado con una envolvente, un mínimo de dos ventiladores con accionamientos de velocidad variable o de varias velocidades, un sistema de recuperación de calor, un filtro fino limpio en el lado de entrada y un filtro medio limpio en el lado de extracción;
- 4) «configuración de referencia de una unidad de ventilación unidireccional»: producto configurado con una envolvente, un ventilador como mínimo con accionamiento de velocidad variable o de varias velocidades y un filtro fino limpio, en caso de que el producto vaya a llevar filtro en el lado de entrada;
- 5) «eficiencia mínima del ventilador ( $\eta_{uv}$ )»: requisito de eficiencia mínima específico aplicable a las unidades de ventilación sujetas al presente Reglamento;
- 6) «caudal nominal ( $q_{\text{nom}}$ )» (expresado en  $\text{m}^3/\text{s}$ ): caudal por construcción declarado de una unidad de ventilación no residencial en condiciones ambientales estándar de 20 °C y a 101 325 Pa, habiéndose instalado la unidad completa (por ejemplo, con filtros) siguiendo las instrucciones del fabricante;
- 7) «presión externa nominal ( $\Delta p_{s,\text{ext}}$ )» (expresada en Pa): diferencia de presión estática externa por construcción declarada, con el caudal nominal;
- 8) «velocidad máxima asignada del ventilador ( $v_{v_{\text{ventilador asignada}}}$ )» (expresada en revoluciones por minuto, rpm): velocidad del ventilador con el caudal nominal y a la presión externa nominal;
- 9) «caída de presión interna de los componentes de ventilación ( $\Delta p_{s,\text{int}}$ )» (expresada en Pa): suma de las caídas de presión estática de la configuración de referencia de una unidad de ventilación bidireccional o unidireccional con el caudal nominal;
- 10) «caída de presión interna de los componentes no de ventilación adicionales ( $\Delta p_{s,\text{adic}}$ )» (expresada en Pa): resto de la suma de todas las caídas de presión estática interna con el caudal nominal y a la presión externa nominal, después de restar la caída de presión interna de los componentes de ventilación ( $\Delta p_{s,\text{int}}$ );
- 11) «eficiencia térmica de un sistema de recuperación de calor no residencial ( $\eta_{t_{uvnr}}$ )»: razón entre la elevación de temperatura del aire impulsado y la bajada de temperatura del aire extraído, ambas con relación a la temperatura exterior, medidas en condiciones de referencia en seco, con flujo másico equilibrado y una diferencia térmica entre el aire interior y exterior de 20 K, sin la ganancia de calor procedente de los motores de los ventiladores y de las fugas internas;
- 12) «potencia de ventilador específica interna de los componentes de ventilación ( $PVE_{\text{int}}$ )» [expresada en  $\text{W}/(\text{m}^3/\text{s})$ ]: razón entre la caída de presión interna de los componentes de ventilación y la eficiencia del ventilador, determinada para la configuración de referencia;
- 13) «potencia de ventilador específica interna máxima de los componentes de ventilación ( $PVE_{\text{int,limit}}$ )» [expresada en  $\text{W}/(\text{m}^3/\text{s})$ ]: requisito de eficiencia específico para la  $PVE_{\text{int}}$  de las unidades de ventilación sujetas al presente Reglamento;
- 14) «sistema de recuperación de calor móvil»: sistema en el que el dispositivo de recuperación de calor en el lado de extracción y el dispositivo que suministra el calor recuperado a la corriente de aire del lado de impulsión de un espacio ventilado están conectados por medio de un sistema de transferencia de calor en el que los dos lados del sistema de recuperación de calor pueden colocarse libremente en distintas partes de un edificio;

- 15) «velocidad frontal» (expresada en m/s): la mayor de las velocidades del aire de impulsión y de extracción; las velocidades son las velocidades del aire en la unidad de ventilación sobre la base de la superficie interna de la unidad para el flujo de aire impulsado o extraído; la velocidad se basa en la superficie de la sección de filtro de la unidad respectiva o, en ausencia de filtro, en la superficie de la sección de ventilador;
  - 16) «bono de eficiencia (E)»: factor de corrección habida cuenta de que una recuperación de calor más eficiente causa más caídas de presión que exigen más potencia de ventilador específica;
  - 17) «corrección de filtro (F)» (expresada en Pa): valor de corrección que debe aplicarse si una unidad se aparta de la configuración de referencia de una unidad de ventilación bidireccional;
  - 18) «filtro fino»: filtro que cumple las condiciones pertinentes del anexo IX;
  - 19) «filtro medio»: filtro que cumple las condiciones pertinentes del anexo IX;
  - 20) «eficiencia de filtraje»: razón media entre la fracción de polvo capturada y la cantidad que pasa por el filtro, en las condiciones descritas en el anexo IX para filtros finos y medios.
-

## ANEXO II

**Requisitos específicos de diseño ecológico aplicables a las unidades de ventilación residenciales, según el artículo 3, apartados 1 y 3**

## 1. A partir del 1 de enero de 2016:

- El consumo de energía específico, calculado con respecto a un clima templado, no deberá exceder de 0 kWh/(m<sup>2</sup>.a).
- Las unidades de ventilación sin conductos, incluidas las destinadas a estar provistas de una conexión de conducto en el lado de extracción o de impulsión del aire, deberán tener un  $L_{WA}$  máximo de 45 dB.
- Todas las unidades de ventilación, excepto las de doble uso, deberán estar provistas de un accionamiento de varias velocidades o de un accionamiento de velocidad variable.
- Todas las unidades de ventilación bidireccionales deberán disponer de un elemento de baipás térmico.

## 2. A partir del 1 de enero de 2018:

- El consumo de energía específico, calculado con respecto a un clima templado, no deberá exceder de 20 kWh/(m<sup>2</sup>.a).
  - Las unidades de ventilación sin conductos, incluidas las destinadas a estar provistas de una conexión de conducto en el lado de extracción o de impulsión del aire, deberán tener un  $L_{WA}$  máximo de 40 dB.
  - Todas las unidades de ventilación, excepto las de doble uso, deberán estar provistas de un accionamiento de varias velocidades o de un accionamiento de velocidad variable.
  - Todas las unidades de ventilación bidireccionales deberán disponer de un elemento de baipás térmico.
  - Las unidades de ventilación con filtro deberán disponer de una señal visual de aviso de cambio del filtro.
-

## ANEXO III

**Requisitos específicos de diseño ecológico aplicables a las unidades de ventilación no residenciales, según el artículo 3, apartados 2 y 4**

## 1. A partir del 1 de enero de 2016:

- Todas las unidades de ventilación, excepto las de doble uso, deberán estar provistas de un accionamiento de varias velocidades o de un accionamiento de velocidad variable.
- Todas las unidades de ventilación bidireccionales deberán disponer de un sistema de recuperación de calor.
- El sistema de recuperación de calor deberá tener un elemento de baipás térmico.
- La eficiencia térmica mínima  $\eta_{t\_uvnr}$  de todos los sistemas de recuperación de calor, excepto los móviles en unidades de ventilación bidireccionales, será del 67 %, con un bono de eficiencia  $E = (\eta_{t\_uvnr} - 0,67) * 3\,000$  si la eficiencia térmica  $\eta_{t\_uvnr}$  es por lo menos del 67 %, y  $E = 0$  en cualquier otro caso.
- La eficiencia térmica mínima  $\eta_{t\_uvnr}$  de los sistemas de recuperación de calor móviles en unidades de ventilación bidireccionales será del 63 %, con un bono de eficiencia  $E = (\eta_{t\_uvnr} - 0,63) * 3\,000$  si la eficiencia térmica  $\eta_{t\_uvnr}$  es por lo menos del 63 %, y  $E = 0$  en cualquier otro caso.
- La eficiencia mínima del ventilador de las unidades de ventilación unidireccionales ( $\eta_{v_u}$ ) es:
  - $6,2 \% * \ln(P) + 35,0 \%$  si  $P \leq 30$  kW y
  - $56,1 \%$  si  $P > 30$  kW.
- La potencia de ventilador específica interna máxima de los componentes de ventilación ( $PVE_{int\_limit}$ ) en  $W/(m^3/s)$  es:
  - en el caso de las unidades de ventilación bidireccionales con sistema de recuperación de calor móvil,
 
$$1\,700 + E - 300 * q_{nom}/2 - F \text{ si } q_{nom} < 2 \text{ m}^3/s \text{ y}$$

$$1\,400 + E - F \text{ si } q_{nom} \geq 2 \text{ m}^3/s;$$
  - en el caso de las unidades de ventilación bidireccionales con otros sistemas de recuperación de calor,
 
$$1\,200 + E - 300 * q_{nom}/2 - F \text{ si } q_{nom} < 2 \text{ m}^3/s \text{ y}$$

$$900 + E - F \text{ si } q_{nom} \geq 2 \text{ m}^3/s;$$
  - 250 en el caso de las unidades de ventilación unidireccionales que vayan a utilizarse con filtro.

## 2. A partir del 1 de enero de 2018:

- Todas las unidades de ventilación, excepto las de doble uso, deberán estar provistas de un accionamiento de varias velocidades o de un accionamiento de velocidad variable.
- Todas las unidades de ventilación bidireccionales deberán disponer de un sistema de recuperación de calor.
- El sistema de recuperación de calor deberá tener un elemento de baipás térmico.
- La eficiencia térmica mínima  $\eta_{t\_uvnr}$  de todos los sistemas de recuperación de calor, excepto los móviles en unidades de ventilación bidireccionales, será del 73 %, con un bono de eficiencia  $E = (\eta_{t\_uvnr} - 0,73) * 3\,000$  si la eficiencia térmica  $\eta_{t\_uvnr}$  es por lo menos del 73 %, y  $E = 0$  en cualquier otro caso.
- La eficiencia térmica mínima  $\eta_{t\_uvnr}$  de los sistemas de recuperación de calor móviles en unidades de ventilación bidireccionales será del 68 %, con un bono de eficiencia  $E = (\eta_{t\_uvnr} - 0,68) * 3\,000$  si la eficiencia térmica  $\eta_{t\_uvnr}$  es por lo menos del 68 %, y  $E = 0$  en cualquier otro caso.
- La eficiencia mínima del ventilador de las unidades de ventilación unidireccionales ( $\eta_{v_u}$ ) es:
  - $6,2 \% * \ln(P) + 42,0 \%$  si  $P \leq 30$  kW y
  - $63,1 \%$  si  $P > 30$  kW.
- La potencia de ventilador específica interna máxima de los componentes de ventilación ( $PVE_{int\_limit}$ ) en  $W/(m^3/s)$  es:
  - en el caso de las unidades de ventilación bidireccionales con sistema de recuperación de calor móvil,
 
$$1\,600 + E - 300 * q_{nom}/2 - F \text{ si } q_{nom} < 2 \text{ m}^3/s \text{ y}$$

$$1\,300 + E - F \text{ si } q_{nom} \geq 2 \text{ m}^3/s,$$



- en el caso de las unidades de ventilación bidireccionales con otros sistemas de recuperación de calor,
$$1\,100 + E - 300 * q_{nom}/2 - F \text{ si } q_{nom} < 2 \text{ m}^3/\text{s y}$$
$$800 + E - F \text{ si } q_{nom} \geq 2 \text{ m}^3/\text{s},$$
  - 230 en el caso de las unidades de ventilación unidireccionales que vayan a utilizarse con filtro.
  - Si la unidad de filtro forma parte de la configuración, el producto deberá estar provisto de una señal visual o una alarma en el sistema de mando que deberán activarse si la caída de presión en el filtro sobrepasa la caída de presión final máxima admisible.
-

## ANEXO IV

**Requisitos de información aplicables a las unidades de ventilación residenciales, según el artículo 4, apartado 1**

1. A partir del 1 de enero de 2016, deberá proporcionarse la siguiente información sobre el producto:
  - a) nombre del proveedor o marca;
  - b) identificador del modelo del proveedor, es decir, el código, por lo general alfanumérico, que distingue a un modelo específico de unidad de ventilación residencial de otros de la misma marca o con el mismo nombre de proveedor;
  - c) consumo de energía específico (CEE) en kWh/(m<sup>2</sup>.a) correspondiente a cada zona climática aplicable y clase CEE;
  - d) tipo declarado conforme al artículo 2 del presente Reglamento (unidad de ventilación residencial o no residencial, unidireccional o bidireccional);
  - e) tipo de accionamiento instalado o que va a instalarse (de varias velocidades o de velocidad variable);
  - f) tipo de sistema de recuperación de calor (recuperativo, regenerativo o ninguno);
  - g) eficiencia térmica de la recuperación de calor (en % o «no aplicable», si el producto no tiene sistema de recuperación de calor);
  - h) caudal máximo en m<sup>3</sup>/h;
  - i) potencia eléctrica de entrada del accionamiento del ventilador, incluidos los dispositivos de mando del motor, con el caudal máximo (W);
  - j) nivel de potencia acústica ( $L_{WA}$ ), redondeado al entero más próximo;
  - k) caudal de referencia en m<sup>3</sup>/s;
  - l) diferencia de presión de referencia en Pa;
  - m) potencia de entrada específica en W/(m<sup>3</sup>/h);
  - n) factor del mando y tipo de mando según las definiciones y la clasificación pertinentes del anexo VIII, cuadro 1;
  - o) índices máximos declarados de fuga interna y externa (%) de unidades de ventilación bidireccionales o traspaso (solo en caso de cambiadores de calor regenerativos), e índices de fuga externa (%) de unidades de ventilación unidireccionales con conductos;
  - p) índice de mezcla de unidades de ventilación bidireccionales sin conductos no pensadas para ir provistas de una conexión de conductos ni en el lado de impulsión ni en el de extracción de aire;
  - q) ubicación y descripción de la señal visual de aviso del filtro en las unidades de ventilación residenciales que van a utilizarse con filtros, incluido el texto que señale la importancia de cambiar con regularidad los filtros con vistas al rendimiento y la eficiencia energética de la unidad;
  - r) en sistemas de ventilación unidireccionales, las instrucciones para la instalación en la fachada de rejillas reguladas de impulsión y extracción de aire natural;
  - s) dirección de internet para las instrucciones de desmontaje a las que se refiere el punto 3;
  - t) únicamente en el caso de las unidades sin conductos: la sensibilidad del flujo de aire a las variaciones de presión a + 20 Pa y - 20 Pa;
  - u) únicamente en el caso de las unidades sin conductos: la estanqueidad al aire interior/exterior, en m<sup>3</sup>/h;
2. La información citada en el punto 1 deberá estar disponible:
  - en la documentación técnica de las unidades de ventilación residenciales, y
  - en los sitios web de acceso gratuito de los fabricantes, sus representantes autorizados y los importadores.
3. El sitio web de acceso gratuito del fabricante deberá contener instrucciones detalladas en las que, entre otras cosas, se precisen las herramientas necesarias para el desmontaje manual de los motores de imán permanente y las piezas electrónicas (tarjetas de cableados o circuitos impresos y pantallas de > 10 g o > 10 cm<sup>2</sup>), baterías y piezas más grandes de plástico (> 100 g) a efectos de un reciclado eficiente de los materiales, salvo en el caso de modelos de los que se produzcan menos de cinco unidades al año.

## ANEXO V

**Requisitos de información aplicables a las unidades de ventilación no residenciales, según el artículo 4, apartado 2**

1. A partir del 1 de enero de 2016, deberá proporcionarse la siguiente información sobre el producto:
  - a) nombre del fabricante o marca;
  - b) identificador del modelo del fabricante, es decir, el código, por lo general alfanumérico, que distingue a un modelo específico de unidad de ventilación no residencial de otros de la misma marca o con el mismo nombre de proveedor;
  - c) tipo declarado conforme al artículo 2 del presente Reglamento (unidad de ventilación residencial o no residencial, unidireccional o bidireccional);
  - d) tipo de accionamiento instalado o que va a instalarse (de varias velocidades o de velocidad variable);
  - e) tipo de sistema de recuperación de calor (móvil, otro o ninguno);
  - f) eficiencia térmica de la recuperación de calor (en % o «no aplicable», si el producto no tiene sistema de recuperación de calor);
  - g) caudal nominal de la unidad de ventilación no residencial en  $\text{m}^3/\text{s}$ ;
  - h) potencia eléctrica de entrada efectiva (kW);
  - i)  $\text{PVE}_{\text{int}}$  en  $\text{W}/(\text{m}^3/\text{s})$ ;
  - j) velocidad frontal en  $\text{m}/\text{s}$  con el caudal por construcción;
  - k) presión externa nominal ( $\Delta p_{s,\text{ext}}$ ) en Pa;
  - l) caída de presión interna de los componentes de ventilación ( $\Delta p_{s,\text{int}}$ ) en Pa;
  - m) opcional: caída de presión interna de los componentes no de ventilación ( $\Delta p_{s,\text{adic}}$ ) en Pa;
  - n) eficiencia estática de los ventiladores utilizados conforme al Reglamento (UE) n° 327/2011;
  - o) índice máximo declarado de fuga externa (%) de la envolvente de las unidades de ventilación e índice máximo declarado de fuga interna (%) de las unidades de ventilación bidireccionales o traspaso (solo en caso de cambiadores de calor regenerativos), ambos medidos o calculados según el método de ensayo de presurización o el método de ensayo de gas trazador a la presión del sistema declarada;
  - p) rendimiento energético, preferiblemente clasificación energética, de los filtros (información declarada sobre el consumo anual de energía calculado);
  - q) descripción de la señal visual de aviso del filtro en las unidades de ventilación no residenciales que van a utilizarse con filtros, incluido el texto que señale la importancia de cambiar con regularidad los filtros con vistas al rendimiento y la eficiencia energética de la unidad;
  - r) en el caso de las unidades de ventilación no residenciales destinadas a un uso en interiores, el nivel de potencia acústica de la envolvente ( $L_{\text{WA}}$ ) redondeado al entero más próximo;
  - s) dirección de internet para las instrucciones de desmontaje a las que se refiere el punto 3.
2. La información citada en el punto 1, letras a) a s), deberá estar disponible:
  - en la documentación técnica de las unidades de ventilación no residenciales, y
  - en los sitios web de acceso gratuito de los fabricantes, sus representantes autorizados y los importadores.
3. El sitio web de acceso gratuito del fabricante deberá contener instrucciones detalladas en las que, entre otras cosas, se precisen las herramientas necesarias para el montaje y desmontaje manuales de los motores de imán permanente y las piezas electrónicas (tarjetas de cableados o circuitos impresos y pantallas de  $> 10 \text{ g}$  o  $> 10 \text{ cm}^2$ ), baterías y piezas más grandes de plástico ( $> 100 \text{ g}$ ) a efectos de un reciclado eficiente de los materiales, salvo en el caso de modelos de los que se produzcan menos de cinco unidades al año.

## ANEXO VI

**Procedimiento de verificación a efectos de vigilancia del mercado**

Para comprobar la conformidad con los requisitos establecidos en los anexos II a V, las autoridades de los Estados miembros someterán a ensayo una sola unidad de ventilación. Si los valores medidos o los valores calculados sobre la base de los valores medidos no se corresponden con los valores declarados por el fabricante a tenor del artículo 5, habida cuenta de las tolerancias indicadas en el cuadro 1:

- si se trata de modelos de los que se producen menos de cinco unidades al año, se considerará que no cumple el presente Reglamento,
- si se trata de modelos de los que se producen cinco o más unidades al año, la autoridad de vigilancia del mercado ensayará aleatoriamente otras tres unidades.

Si la media aritmética de los valores medidos en estas unidades no cumple los requisitos, habida cuenta de las tolerancias indicadas en el cuadro 1, se considerará que ni el modelo ni ninguno de los modelos equivalentes cumplen los requisitos de los anexos II a V.

Las autoridades de los Estados miembros facilitarán los resultados de los ensayos y cualquier otra información pertinente a las autoridades de los demás Estados miembros y a la Comisión en el plazo de un mes tras adoptarse la decisión relativa a la no conformidad del modelo.

Las autoridades de los Estados miembros deberán emplear los métodos de medición y cálculo que figuran en los anexos VIII y IX, aplicando únicamente las tolerancias indicadas en el cuadro 1.

*Cuadro 1*

Parámetro	Tolerancias de verificación
Potencia de entrada específica	El valor medido no deberá ser más de 1,07 veces el valor máximo declarado.
Eficiencia térmica de una unidad de ventilación residencial o no residencial	El valor medido no deberá ser menos de 0,93 veces el valor mínimo declarado.
$PVE_{int}$	El valor medido no deberá ser más de 1,07 veces el valor máximo declarado.
Eficiencia del ventilador de una unidad de ventilación unidireccional no residencial	El valor medido no deberá ser menos de 0,93 veces el valor mínimo declarado.
Nivel de potencia acústica de una unidad de ventilación residencial	El valor medido no deberá ser superior al valor máximo declarado más 2 dB.
Nivel de potencia acústica de una unidad de ventilación no residencial	El valor medido no deberá ser superior al valor máximo declarado más 5 dB.

Las tolerancias de verificación no deberán ser utilizadas por el fabricante o el importador para establecer los valores en la documentación técnica ni para interpretar estos valores con vistas a lograr el cumplimiento.

## ANEXO VII

**Índices de referencia**

Unidades de ventilación residenciales:

- a) consumo de energía específico: – 42 kWh/(m<sup>2</sup>.a) en unidades de ventilación bidireccionales y – 27 kWh/(m<sup>2</sup>.a) en unidades de ventilación unidireccionales;
- b) recuperación de calor  $\eta_r$ : 90 % en unidades de ventilación bidireccionales.

Unidades de ventilación no residenciales:

- a)  $PVE_{int}$  150 W/(m<sup>3</sup>/s) por debajo del límite de la fase 2 para unidades de ventilación no residenciales de caudal  $\geq 2$  m<sup>3</sup>/s, 250 W/(m<sup>3</sup>/s) por debajo del límite de la fase 2 para unidades de ventilación no residenciales de caudal  $< 2$  m<sup>3</sup>/s;
  - b) recuperación de calor  $\eta_{t\_uvmr}$ : 85 % y, en el caso de los sistemas de recuperación de calor móviles, 80 %.
-

# ANEXO D

**NOTE** If ratios for supply and exhaust are much different, several causes are possible: thermal bridges, leakage, fan absorbed power. To investigate this, it is sometimes possible to compare test results with and without over insulation of the casing or to use tracer gas measurements.

The reference point shall be defined at  $P_{tUd}/2$  and 70 % of declared maximum air volume flow. If this point cannot be set, pressure shall remain at  $P_{tUd}/2$  and airflow shall be adjusted just over.

Maximum air flow point shall be adjusted at  $P_{tUd}$  and declared maximum air volume flow. If this point cannot be set, pressure shall be adjusted just over  $P_{tUd}$ .

Minimum air flow point shall be adjusted at  $P_{tUd}/2$  and declared minimum air volume flow.

No correction to the temperature ratio shall be made for the power input of the fans or other components.

### 6.3.2.5 Temperature conditions

Thermal tests shall be performed at the temperature conditions for standard test, accordingly to the type and use of the heat recovery device (see Table 6):

- Point 1 is a dry air test, mandatory for all units;
- Point 2 is an intermediate point, mandatory for units category II and optional for category I for condensation;
- Point 3 is an optional point intended to show extreme condensation conditions;
- Point 4 is an optional point for cold climate. The test shall run for a minimum of 6 h up to maximum of 24 h to a point where the airflow is stabilised.

If condensation occurs, then the condensation test shall also be performed.

If the unit is designed to operate at outdoor temperature below  $-15\text{ °C}$ , then the cold climate test shall be performed.

Table 6 — Temperature conditions

Application mode	Standard test			Cold climate test <sup>a</sup>
	1	2	3	4
Point Number	1	2	3	4
Heat exchanger category	I and II (mandatory point)	I (optional) and II (mandatory)	I and II(optional)	I and II (optional)
Extract air				
Temperature $\theta_{11}$	20 °C	20 °C	20 °C	20 °C
Wet bulb temperature $\theta_{w11}$	12 °C	15 °C	12 °C	10 °C
Outdoor air				
Temperature $\theta_{21}$	7 °C	2 °C	-7 °C	-15 °C
Wet bulb temperature $\theta_{w21}$	-	1 °C	-8 °C	-

<sup>a</sup> additional test for cold climates.

# ANEXO E



### **3.2 Categories of heat exchangers**

**Category I: Recuperative heat exchangers (e.g. air-to-air plate or tube heat exchanger)**

Recuperative heat exchangers are designed to transfer thermal energy (sensible or total) from one air stream to another without moving parts. Heat transfer surfaces are in form of plates or tubes. This heat exchanger may have parallel flow, cross flow or counterflow construction or a combination of these. Plate and tube heat exchangers with vapour diffusion (for instance cellulose) are also in this category.

**Category II: Regenerative heat exchangers (e.g. rotary or reciprocating heat exchanger)**

A rotary heat exchanger is a device incorporating a rotating "thermal wheel" for the purpose of transferring energy (sensible or total) from one air stream to the other. It incorporates material allowing latent heat transfer, a drive mechanism, a casing or frame, and includes any seals which are provided to retard bypassing and leakage of air from one air stream to the other. Regenerative heat exchangers have varying degrees of moisture recovery, depending on the material used (e.g. "condensation rotor/non hygroscopic rotor", "hygroscopic rotor" and "sorption rotor" heat exchangers).

# ANEXO F

**4.6 internal exhaust air leakage:** The internal exhaust air leakage is the internal air leakage from the exhaust-air side to the supply-air side of a recovery device

**4.7 carry-over air flow:** Carry-over air flow is the transfer of exhaust air into the supply air side in a heat recovery device of category III at over pressure on the supply air side.

**4.8 reference conditions:** The reference condition for air is air with a density of  $1,20 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , a dynamic viscosity of  $18,2 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  and an absolute pressure of  $101,3 \text{ kPa}$  ( $1\,013 \text{ Bar}$ ). Air at  $20,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $50 \text{ } \%$  relative humidity and  $101,3 \text{ kPa}$  has approximately these properties.

**4.9 pressure:** Relative pressures are measured as difference to the atmospheric pressure. Unless otherwise specified the term pressure is used for relative pressure.

NOTE 1: Absolute pressure is used for air and fluids properties calculation.

NOTE 2: Pressure drop is the pressure difference along a circuit.

## 5 General requirements

The European Standards prEN 305, prEN 306, prEN 307 shall apply where appropriate and not otherwise stated in the following clauses.

### 5.1 Heat recovery device

The heat recovery device to be tested shall be installed in a test rig in accordance with the manufacturer's published instructions.

### 5.2 External leakage

The air tightness is established by the external leakage at positive and negative pressures of  $400 \text{ Pa}$ . The external leakage shall be determined using the test arrangement as described in 6.1, with mean positive and negative pressures of  $400 \text{ Pa}$  relative to ambient condition on supply and exhaust-air sides respectively. The measured mass flow rates  $q_{\text{mep}}$  and  $q_{\text{men}}$ , the external leakage flow rates, shall be recorded in the test report as a percentage of the nominal air flow  $(q_{\text{me}}/q_{\text{mn}}) \cdot 100 \text{ } \%$ . Air density during measurements shall be between  $1,16 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  and  $1,24 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  outside this range the measurements taken shall be corrected to reference conditions.

# ANEXO G

Cliente:  
Objeto:



### DESCRIPCIÓN

Recuperador de calor:	EN0250/200/020		
Rotor material:	Adsorción (molecular sieve)		
Bastidor abierto:	Sin bastidor		
Equipo de propulsión:	Sin motor		
Tipo de eje:	Rodamiento con eje		
Consta de:	1 Módulo	Versión de altura de canal:***	
			2.0 mm
Velocidad de rotación:	25 RPM	Espesor del rotor:	200 mm
Peso total:	,0 kg		

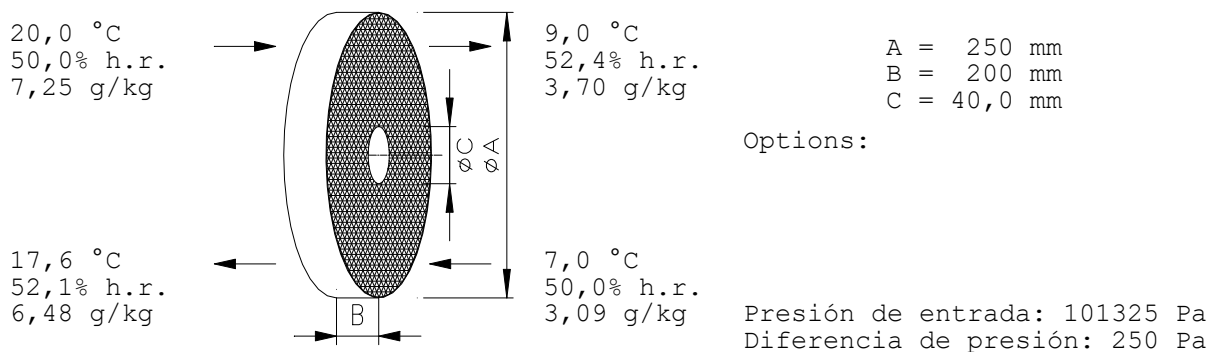
\*\*\* (La altura de canal exacta depende del grosor del material seleccionado.  
Consulte el manual técnico para saber las dimensiones exactas.)

### RESULTADOS

(Invierno)	Aire de Extracción	Aire de Impulsión
Flujo de Aire:	140 m3/h(.047 kg/s)	140 m3/h(.049 kg/s)
Pérdida de carga: *)	75 / 78 Pa	77 / 81 Pa
Eficiencia:	N/A	81 / 81 / 81 %
(temperatura/entalpía/humedad)		
Eficacia:	85 / 85 / 85 %	85 / 85 / 85 %
(temperatura/entalpía/humedad)		
Velocidad del aire:	1,70 / 1,85 m/s	1,70 / 1,92 m/s
(frontal/canal)		
Agua libre:	0,0 l/h, tcond < 0 °C	
Potencia Transferida:	0,94 kW	
Eficiencia energética /:		82% / H1
clase: ****		
Erp Rendimiento:		83 %
(2018 conformidad min 73%)		

\*(Caída de presión actual/Caída de presión corregida para una densidad de 1.2 kg/m3)

\*\*\*\* (Calculado sin consumo de potencia del motor)



Los cálculos se efectúan siguiendo la norma Europea EN 308 y sus sub-documentos.  
Como consecuencia del continuo desarrollo de sus productos Heatex AB se reserva el derecho a introducir cambios en diseño y precio sin preaviso.

# ANEXO H

Cliente:  
Objeto:



### DESCRIPCIÓN

Recuperador de calor:	EN0250/200/0 0		
Rotor material:	Adsorción (molecular sieve)		
Bastidor abierto:	Sin bastidor		
Equipo de propulsión:	Sin motor		
Tipo de eje:	Rodamiento con eje		
Consta de:	1 Módulo	Versión de altura de canal:***	
			1.8 mm
Velocidad de rotación:	25 RPM	Espesor del rotor:	200 mm
Peso total:	,0 kg		

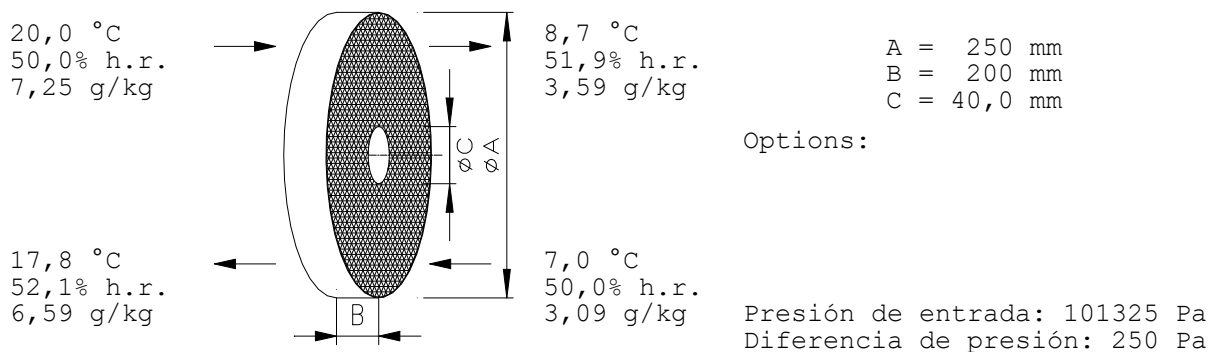
\*\*\* (La altura de canal exacta depende del grosor del material seleccionado.  
Consulte el manual técnico para saber las dimensiones exactas.)

### RESULTADOS

(Invierno)	Aire de Extracción	Aire de Impulsión
Flujo de Aire:	140 m3/h(.047 kg/s)	140 m3/h(.049 kg/s)
Pérdida de carga: *)	96 / 99 Pa	99 / 104 Pa
Eficiencia:	N/A	83 / 84 / 84 %
(temperatura/entalpía/humedad)		
Eficacia:	87 / 88 / 88 %	87 / 88 / 88 %
(temperatura/entalpía/humedad)		
Velocidad del aire:	1,70 / 1,87 m/s	1,70 / 1,94 m/s
(frontal/canal)		
Agua libre:	0,0 l/h, tcond < 0 °C	
Potencia Transferida:	0,97 kW	
Eficiencia energética /:		84% / H1
clase: ****		
Erp Rendimiento:		85 %
(2018 conformidad min 73%)		

\*(Caída de presión actual/Caída de presión corregida para una densidad de 1.2 kg/m3)

\*\*\*\* (Calculado sin consumo de potencia del motor)



Los cálculos se efectúan siguiendo la norma Europea EN 308 y sus sub-documentos.  
Como consecuencia del continuo desarrollo de sus productos Heatex AB se reserva el derecho a introducir cambios en diseño y precio sin preaviso.

# ANEXO I



Cliente:  
Objeto:



### DESCRIPCIÓN

Recuperador de calor:	EN0250/200/0 0		
Rotor material:	Adsorción (molecular sieve)		
Bastidor abierto:	Sin bastidor		
Equipo de propulsión:	Sin motor		
Tipo de eje:	Rodamiento con eje		
Consta de:	1 Módulo	Versión de altura de canal:***	
			1.6 mm
Velocidad de rotación:	25 RPM	Espesor del rotor:	200 mm
Peso total:	,0 kg		

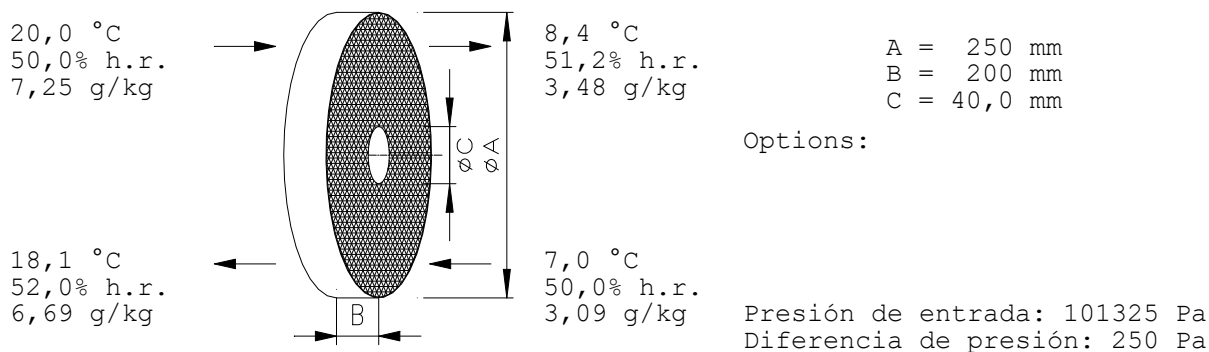
\*\*\* (La altura de canal exacta depende del grosor del material seleccionado.  
Consulte el manual técnico para saber las dimensiones exactas.)

### RESULTADOS

(Invierno)	Aire de Extracción	Aire de Impulsión
Flujo de Aire:	140 m3/h(.047 kg/s)	140 m3/h(.049 kg/s)
Pérdida de carga: *)	126 / 131 Pa	131 / 137 Pa
Eficiencia:	N/A	85 / 86 / 86 %
(temperatura/entalpía/humedad)		
Eficacia:	89 / 90 / 90 %	89 / 90 / 90 %
(temperatura/entalpía/humedad)		
Velocidad del aire:	1,70 / 1,89 m/s	1,70 / 1,97 m/s
(frontal/canal)		
Agua libre:	0,0 l/h, tcond < 0 °C	
Potencia Transferida:	0,99 kW	
Eficiencia energética /:		86% / H1
clase: ****		
Erp Rendimiento:		87 %
(2018 conformidad min 73%)		

\*(Caída de presión actual/Caída de presión corregida para una densidad de 1.2 kg/m3)

\*\*\*\* (Calculado sin consumo de potencia del motor)



Los cálculos se efectúan siguiendo la norma Europea EN 308 y sus sub-documentos.  
Como consecuencia del continuo desarrollo de sus productos Heatex AB se reserva el derecho a introducir cambios en diseño y precio sin preaviso.

# ANEXO J

Cliente:

Objeto:



## DESCRIPCIÓN

Recuperador de calor:	EN0250/200/020		
Rotor material:	Adsorción (molecular sieve)		
Bastidor abierto:	Sin bastidor		
Equipo de propulsión:	Sin motor		
Tipo de eje:	Rodamiento con eje		
Consta de:	1 Módulo	Versión de altura de canal:***	
			2.0 mm
Velocidad de rotación:	25 RPM	Espesor del rotor:	200 mm
Peso total:	,0 kg		

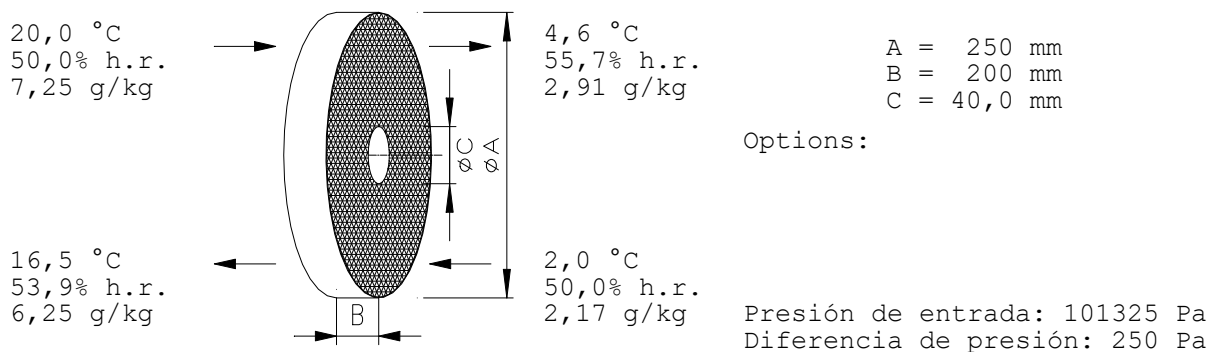
\*\*\* (La altura de canal exacta depende del grosor del material seleccionado.  
Consulte el manual técnico para saber las dimensiones exactas.)

## RESULTADOS

(Invierno)	Aire de Extracción	Aire de Impulsión
Flujo de Aire:	140 m3/h(.047 kg/s)	140 m3/h(.05 kg/s)
Pérdida de carga: *)	74 / 78 Pa	77 / 83 Pa
Eficiencia:	N/A	80 / 80 / 80 %
(temperatura/entalpía/humedad)		
Eficacia:	86 / 86 / 85 %	85 / 85 / 85 %
(temperatura/entalpía/humedad)		
Velocidad del aire:	1,70 / 1,83 m/s	1,70 / 1,93 m/s
(frontal/canal)		
Agua libre:	0,0 l/h, tcond < 0 °C	
Potencia Transferida:	1,2 kW	
Eficiencia energética /:		82% / H1
clase: ****		
Erp Rendimiento:		83 %
(2018 conformidad min 73%)		

\*(Caída de presión actual/Caída de presión corregida para una densidad de 1.2 kg/m3)

\*\*\*\* (Calculado sin consumo de potencia del motor)



Los cálculos se efectúan siguiendo la norma Europea EN 308 y sus sub-documentos.  
Como consecuencia del continuo desarrollo de sus productos Heatex AB se reserva el derecho a introducir cambios en diseño y precio sin preaviso.

# ANEXO K

Cliente:  
Objeto:



### DESCRIPCIÓN

Recuperador de calor:	EN0250/200/0 0		
Rotor material:	Adsorción (molecular sieve)		
Bastidor abierto:	Sin bastidor		
Equipo de propulsión:	Sin motor		
Tipo de eje:	Rodamiento con eje		
Consta de:	1 Módulo	Versión de altura de canal:***	
			1.8 mm
Velocidad de rotación:	25 RPM	Espesor del rotor:	200 mm
Peso total:	,0 kg		

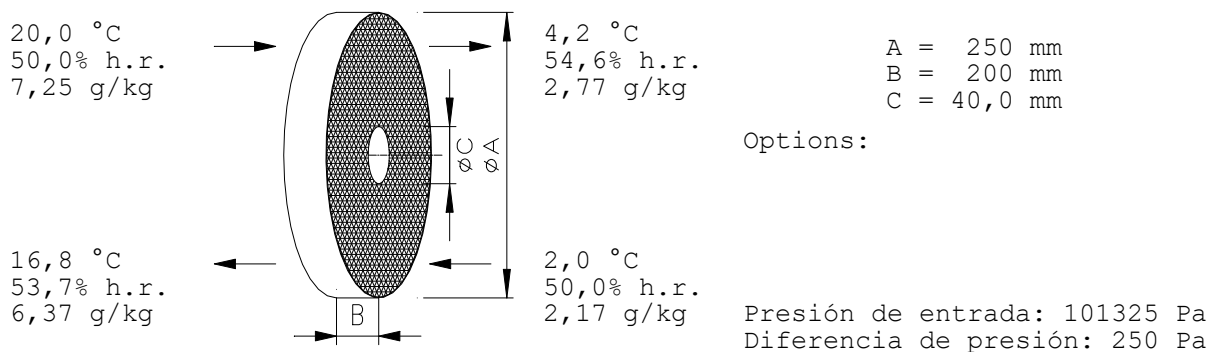
\*\*\* (La altura de canal exacta depende del grosor del material seleccionado.  
Consulte el manual técnico para saber las dimensiones exactas.)

### RESULTADOS

(Invierno)	Aire de Extracción	Aire de Impulsión
Flujo de Aire:	140 m3/h(.047 kg/s)	140 m3/h(.05 kg/s)
Pérdida de carga: *)	94 / 99 Pa	99 / 105 Pa
Eficiencia:	N/A	82 / 82 / 83 %
(temperatura/entalpía/humedad)		
Eficacia:	88 / 88 / 88 %	87 / 87 / 88 %
(temperatura/entalpía/humedad)		
Velocidad del aire:	1,70 / 1,85 m/s	1,70 / 1,96 m/s
(frontal/canal)		
Agua libre:	0,0 l/h, tcond < 0 °C	
Potencia Transferida:	1,3 kW	
Eficiencia energética /:		84% / H1
clase: ****		
Erp Rendimiento:		85 %
(2018 conformidad min 73%)		

\*(Caída de presión actual/Caída de presión corregida para una densidad de 1.2 kg/m3)

\*\*\*\* (Calculado sin consumo de potencia del motor)



Los cálculos se efectúan siguiendo la norma Europea EN 308 y sus sub-documentos.  
Como consecuencia del continuo desarrollo de sus productos Heatex AB se reserva el derecho a introducir cambios en diseño y precio sin preaviso.

# ANEXO L

Cliente:  
Objeto:



### DESCRIPCIÓN

Recuperador de calor:	EN0250/200/0 0		
Rotor material:	Adsorción (molecular sieve)		
Bastidor abierto:	Sin bastidor		
Equipo de propulsión:	Sin motor		
Tipo de eje:	Rodamiento con eje		
Consta de:	1 Módulo	Versión de altura de canal:***	
			1.6 mm
Velocidad de rotación:	25 RPM	Espesor del rotor:	200 mm
Peso total:	,0 kg		

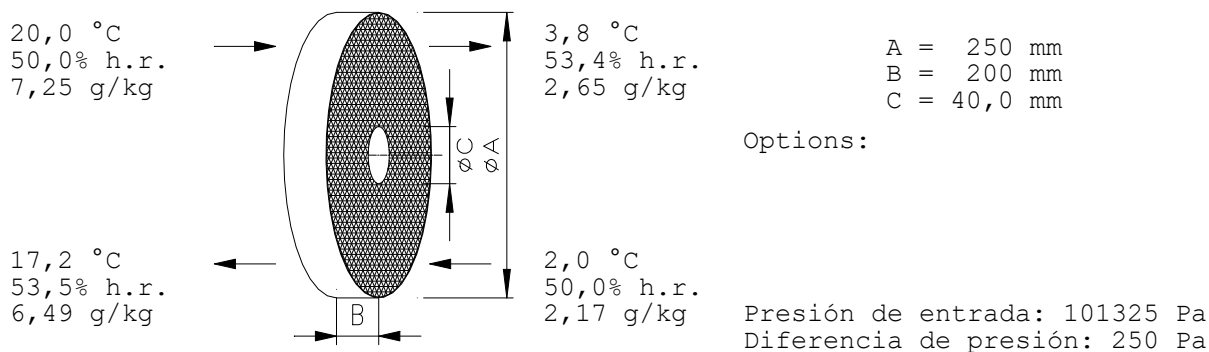
\*\*\* (La altura de canal exacta depende del grosor del material seleccionado.  
Consulte el manual técnico para saber las dimensiones exactas.)

### RESULTADOS

(Invierno)	Aire de Extracción	Aire de Impulsión
Flujo de Aire:	140 m <sup>3</sup> /h (.047 kg/s)	140 m <sup>3</sup> /h (.05 kg/s)
Pérdida de carga: *)	124 / 131 Pa	130 / 139 Pa
Eficiencia:	N/A	84 / 85 / 85 %
(temperatura/entalpía/humedad)		
Eficacia:	90 / 90 / 91 %	89 / 91 / 91 %
(temperatura/entalpía/humedad)		
Velocidad del aire:	1,70 / 1,88 m/s	1,70 / 1,99 m/s
(frontal/canal)		
Agua libre:	0,0 l/h, t <sub>cond</sub> < 0 °C	
Potencia Transferida:	1,3 kW	
Eficiencia energética /:		85% / H1
clase: ****		
Erp Rendimiento:		87 %
(2018 conformidad min 73%)		

\*(Caída de presión actual/Caída de presión corregida para una densidad de 1.2 kg/m<sup>3</sup>)

\*\*\*\* (Calculado sin consumo de potencia del motor)



Los cálculos se efectúan siguiendo la norma Europea EN 308 y sus sub-documentos.  
Como consecuencia del continuo desarrollo de sus productos Heatex AB se reserva el derecho a introducir cambios en diseño y precio sin preaviso.

# ANEXO M



Cliente:  
Objeto:



### DESCRIPCIÓN

Recuperador de calor:	EN0250/200/020		
Rotor material:	Adsorción (molecular sieve)		
Bastidor abierto:	Sin bastidor		
Equipo de propulsión:	Sin motor		
Tipo de eje:	Rodamiento con eje		
Consta de:	1 Módulo	Versión de altura de canal:***	
			2.0 mm
Velocidad de rotación:	25 RPM	Espesor del rotor:	200 mm
Peso total:	,0 kg		

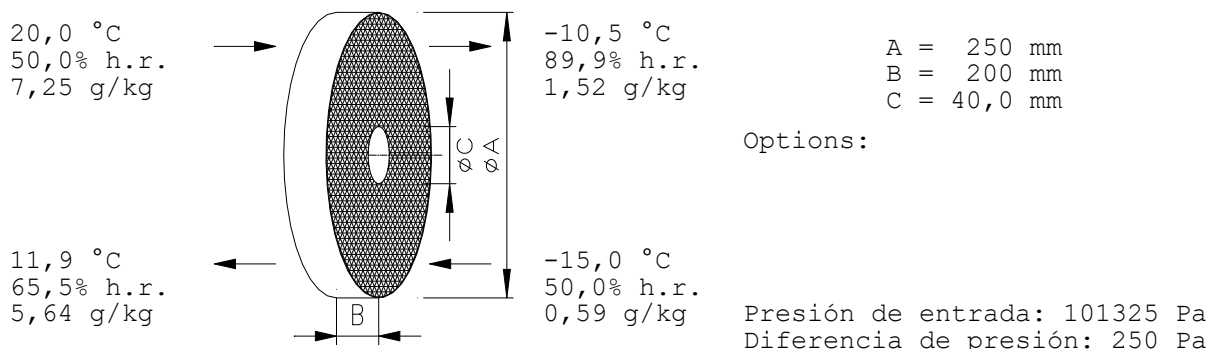
\*\*\* (La altura de canal exacta depende del grosor del material seleccionado.  
Consulte el manual técnico para saber las dimensiones exactas.)

### RESULTADOS

(Invierno)	Aire de Extracción	Aire de Impulsión
Flujo de Aire:	140 m3/h (.047 kg/s)	140 m3/h (.053 kg/s)
Pérdida de carga: *)	71 / 78 Pa	77 / 88 Pa
Eficiencia:	N/A	77 / 76 / 76 %
(temperatura/entalpía/humedad)		
Eficacia:	87 / 87 / 86 %	87 / 86 / 86 %
(temperatura/entalpía/humedad)		
Velocidad del aire:	1,70 / 1,78 m/s	1,70 / 1,98 m/s
(frontal/canal)		
Agua libre:	0,0 l/h, tcond < 0 °C	
Potencia Transferida:	2,1 kW	
Eficiencia energética /:		81% / H1
clase: ****		
Erp Rendimiento:		82 %
(2018 conformidad min 73%)		

\*(Caída de presión actual/Caída de presión corregida para una densidad de 1.2 kg/m3)

\*\*\*\* (Calculado sin consumo de potencia del motor)



Los cálculos se efectúan siguiendo la norma Europea EN 308 y sus sub-documentos.  
Como consecuencia del continuo desarrollo de sus productos Heatex AB se reserva el derecho a introducir cambios en diseño y precio sin preaviso.

# ANEXO N

Cliente:  
Objeto:



### DESCRIPCIÓN

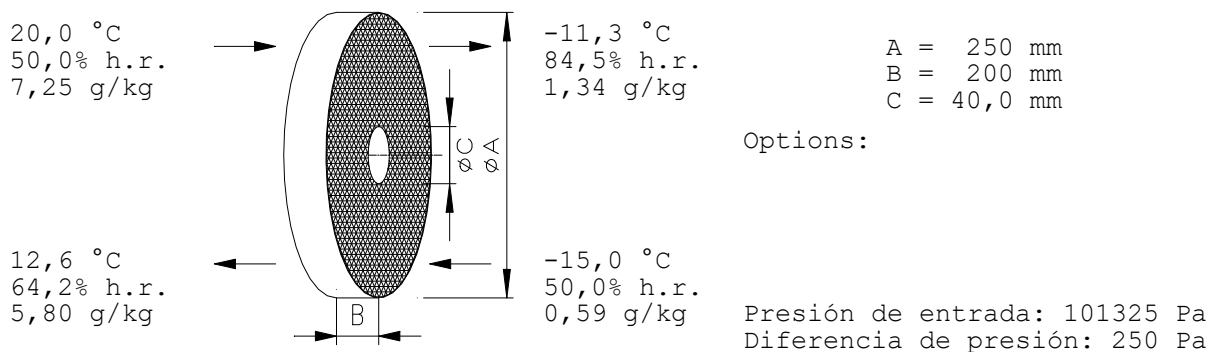
Recuperador de calor:	EN0250/200/0 0		
Rotor material:	Adsorción (molecular sieve)		
Bastidor abierto:	Sin bastidor		
Equipo de propulsión:	Sin motor		
Tipo de eje:	Rodamiento con eje		
Consta de:	1 Módulo	Versión de altura de canal:***	
			1.8 mm
Velocidad de rotación:	25 RPM	Espesor del rotor:	200 mm
Peso total:	,0 kg		

\*\*\* (La altura de canal exacta depende del grosor del material seleccionado.  
Consulte el manual técnico para saber las dimensiones exactas.)

### RESULTADOS

(Invierno)	Aire de Extracción	Aire de Impulsión
Flujo de Aire:	140 m3/h(.047 kg/s)	140 m3/h(.053 kg/s)
Pérdida de carga: *)	90 / 99 Pa	98 / 112 Pa
Eficiencia:	N/A	79 / 79 / 78 %
(temperatura/entalpía/humedad)		
Eficacia:	90 / 89 / 89 %	90 / 90 / 89 %
(temperatura/entalpía/humedad)		
Velocidad del aire:	1,70 / 1,80 m/s	1,70 / 2,01 m/s
(frontal/canal)		
Agua libre:	0,0 l/h, tcond < 0 °C	
Potencia Transferida:	2,2 kW	
Eficiencia energética /:		83% / H1
clase: ****		
Erp Rendimiento:		85 %
(2018 conformidad min 73%)		

\*(Caída de presión actual/Caída de presión corregida para una densidad de 1.2 kg/m3)  
\*\*\*\* (Calculado sin consumo de potencia del motor)



Los cálculos se efectúan siguiendo la norma Europea EN 308 y sus sub-documentos.  
Como consecuencia del continuo desarrollo de sus productos Heatex AB se reserva el derecho a introducir cambios en diseño y precio sin preaviso.

# ANEXO O

Cliente:  
Objeto:



## DESCRIPCIÓN

Recuperador de calor:	EN0250/200/0 0		
Rotor material:	Adsorción (molecular sieve)		
Bastidor abierto:	Sin bastidor		
Equipo de propulsión:	Sin motor		
Tipo de eje:	Rodamiento con eje		
Consta de:	1 Módulo	Versión de altura de canal:***	
			1.6 mm
Velocidad de rotación:	25 RPM	Espesor del rotor:	200 mm
Peso total:	,0 kg		

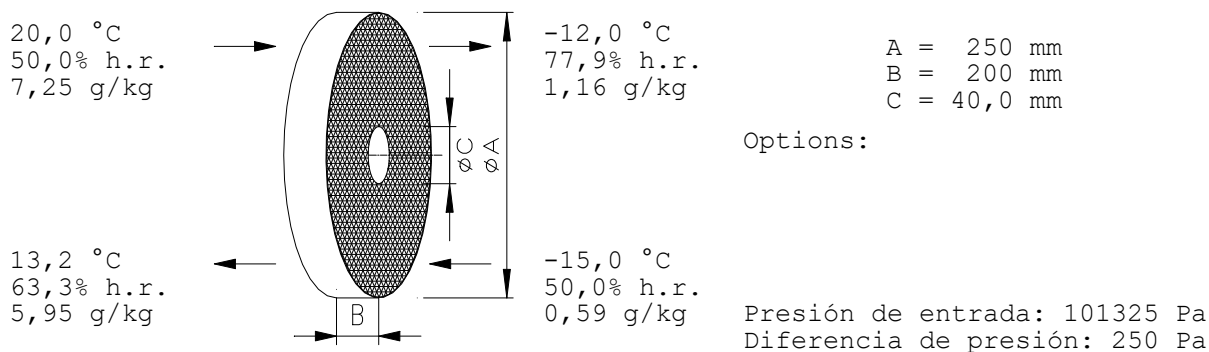
\*\*\* (La altura de canal exacta depende del grosor del material seleccionado.  
Consulte el manual técnico para saber las dimensiones exactas.)

## RESULTADOS

(Invierno)	Aire de Extracción	Aire de Impulsión
Flujo de Aire:	140 m <sup>3</sup> /h (.047 kg/s)	140 m <sup>3</sup> /h (.053 kg/s)
Pérdida de carga: *)	118 / 131 Pa	130 / 148 Pa
Eficiencia:	N/A	81 / 80 / 80 %
(temperatura/entalpía/humedad)		
Eficacia:	92 / 92 / 91 %	92 / 91 / 91 %
(temperatura/entalpía/humedad)		
Velocidad del aire:	1,70 / 1,83 m/s	1,70 / 2,04 m/s
(frontal/canal)		
Agua libre:	0,0 l/h, t <sub>cond</sub> < 0 °C	
Potencia Transferida:	2,2 kW	
Eficiencia energética /:		85% / H1
clase: ****		
Erp Rendimiento:		87 %
(2018 conformidad min 73%)		

\*(Caída de presión actual/Caída de presión corregida para una densidad de 1.2 kg/m<sup>3</sup>)

\*\*\*\* (Calculado sin consumo de potencia del motor)



Los cálculos se efectúan siguiendo la norma Europea EN 308 y sus sub-documentos.  
Como consecuencia del continuo desarrollo de sus productos Heatex AB se reserva el derecho a introducir cambios en diseño y precio sin preaviso.

# ANEXO P

Cliente:  
Objeto:



### DESCRIPCIÓN

Recuperador de calor:	EN0250/200/020		
Rotor material:	Adsorción (molecular sieve)		
Bastidor abierto:	Sin bastidor		
Equipo de propulsión:	Sin motor		
Tipo de eje:	Rodamiento con eje		
Consta de:	1 Módulo	Versión de altura de canal:***	
			2.0 mm
Velocidad de rotación:	25 RPM	Espesor del rotor:	200 mm
Peso total:	,0 kg		

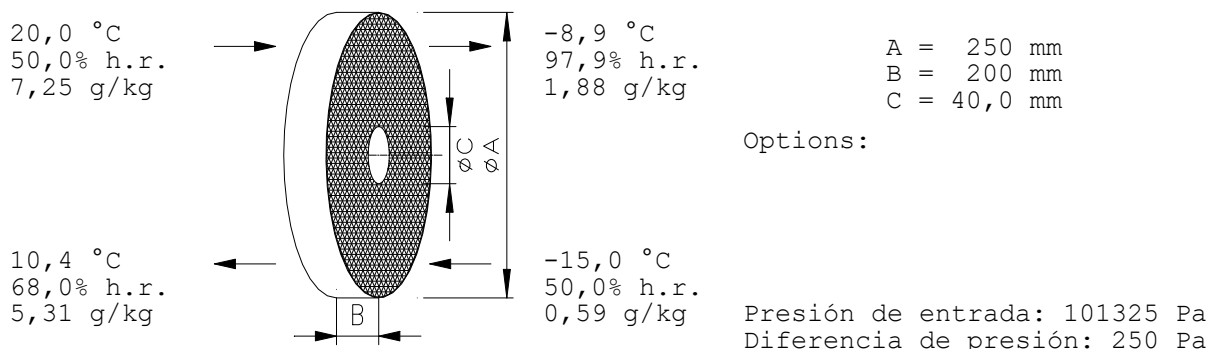
\*\*\* (La altura de canal exacta depende del grosor del material seleccionado.  
Consulte el manual técnico para saber las dimensiones exactas.)

### RESULTADOS

(Invierno)	Aire de Extracción	Aire de Impulsión
Flujo de Aire:	200 m3/h (.067 kg/s)	200 m3/h (.076 kg/s)
Pérdida de carga: *)	101 / 111 Pa	110 / 126 Pa
Eficiencia:	N/A	73 / 72 / 71 %
(temperatura/entalpía/humedad)		
Eficacia:	82 / 82 / 81 %	83 / 82 / 81 %
(temperatura/entalpía/humedad)		
Velocidad del aire:	2,43 / 2,56 m/s	2,43 / 2,82 m/s
(frontal/canal)		
Agua libre:	0,0 l/h, tcond < 0 °C	
Potencia Transferida:	2,8 kW	
Eficiencia energética /:		76% / H1
clase: ****		
Erp Rendimiento:		78 %
(2018 conformidad min 73%)		

\*(Caída de presión actual/Caída de presión corregida para una densidad de 1.2 kg/m3)

\*\*\*\* (Calculado sin consumo de potencia del motor)



Los cálculos se efectúan siguiendo la norma Europea EN 308 y sus sub-documentos.  
Como consecuencia del continuo desarrollo de sus productos Heatex AB se reserva el derecho a introducir cambios en diseño y precio sin preaviso.

# ANEXO Q





**GENERAL FILTER**  
GROUP | Air quality experts

## TECHNICAL FOLDER

## BIOFIL EP7M

### Specifications

<b>Code</b>	2EPM7#012503200489F0
<b>Name</b>	EP7M
<b>Description</b>	MINI PLEAT HIGH EFFICIENCY FILTER

### Applications

Air conditioning systems or industrial processes, individual modules for ventilation.

### Sizes

dimensions	125x320x48	mm
protection net	1	Nr

### Technical data

filter medium composition	glass microfiber	
frame material	galvanized sheet	
separators	thermoplastic	
sealant	glass fiber	
regeneration	no	
max. working temperature	70	°C
max. working R.H.	90	%

### Functional data

nominal air flow	390	m³/h
initial pressure drop	130	Pa
final pressure drop	350	Pa
colorimetric efficiency	85	%
classification (EN 779:2012)	F7	

Rev. 00\_17

#### GENERAL FILTER HEADQUARTER

Via Emilia, 23  
31038 Paese (TV), Italia  
Tel: +39 0422 4594  
Fax: +39 0422 459590  
www.generalfilter.com  
info@generalfilter.com

#### GENERAL FILTER ITALIA

Via Morgagni, 40 int. 7/8  
20010 Pogliano Milanese (MI), Italia  
Tel: +39 02 9350640  
Fax: +39 02 93255670  
Italia: sales.ita@generalfilter.com  
Estero: sales.int@generalfilter.com

#### GENERAL FILTER FRANCE

13 Avenue d'Aygu  
26200 Montelimar, France  
Tel: +33 987876598  
Fax: +33 987876599  
r.meucci@generalfilter.fr

#### GENERAL FILTER IBERICA

Calle Salamanca 21  
28500 Arganda del Rey, Madrid,  
España  
Tel: +34 91 8719046  
Fax: +34 91 8719054  
gefisa@generalfilter.com

#### GENERAL FILTER HAVAK

Sanayi Sitesi P. Blok No. 10  
Hosdere Mevkii  
34517 Esenyurt, Istanbul, Türkiye  
Tel: +90 212 623 0074  
Fax: +90 212 623 0075  
info@generalfilterhavak.com

# ANEXO R

# EC centrifugal fan - RadiCal

backward curved, single inlet

epM inlet nozzle

## Nominal data

Nominal voltage range	V	1~ 200 .. 240
Frequency	Hz	50/60
Fan speed	n	min <sup>-1</sup> 3740
Input power	P <sub>ed</sub>	W 85
Current draw	I	A 0.80
Mass	kg	1.1
Min. ambient temp.	°C	-25
Max. ambient temp.	°C	60
Protection class		
Approvals		CSA C22.2 Nr.77; UL 2111
Number of blades		7
Mounting position		Any

Air performance measured as per ISO 5801 Installation category A.

For detailed information on the measuring setup, please contact ebm-papst.

Suction-side noise levels: L<sub>WA</sub> measured as per ISO 13347 / L<sub>pA</sub> with 1 m distance to fan axis.

The values given are valid under the measuring conditions mentioned above and may vary according to the actual installation situation.

With any deviation from the standard setup, the specific values have to be checked and reviewed with the unit installed.

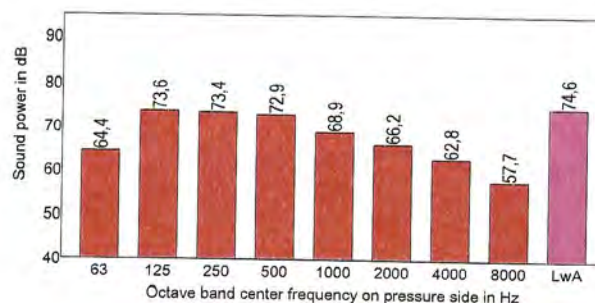
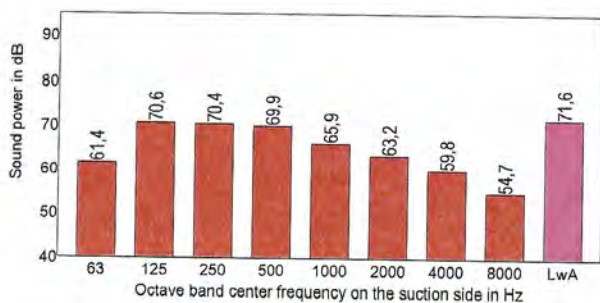
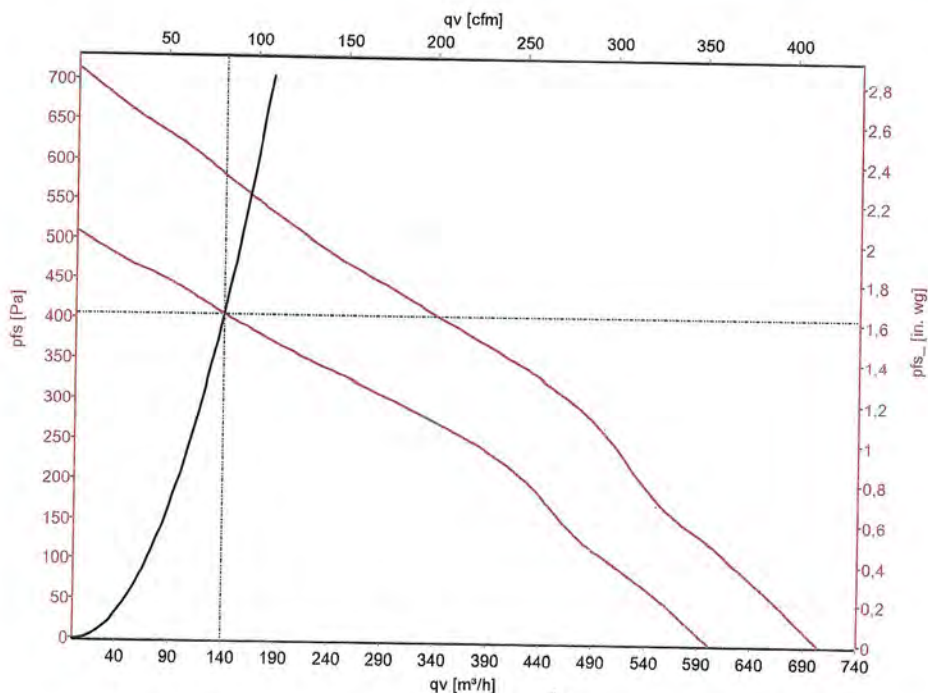
$q_v$  = airflow  
 $p_f$  = total pressure (static + dynamic)  
 $P_{ed}$  = electrical input power  
 $\eta_{ed} = q_v \times p_f / P_{ed}$  (overall efficiency)  
 $I$  = current draw  
 $L_{WA}(A,out)$  = sound power outlet  
 $L_{WA}(A,in+out)$  = sound power inlet+outlet  
 $\rho_{calculated}$  = air density converted to the application  
 $\rho_{measured}$  = air density measured environment  
 $U_{control}$  = control voltage  
 $p_{fs}$  = static pressure  
 $n$  = fan speed  
 $SFP$  = specific fan power  
 $\eta_{es}$  = overall static efficiency  
 $L_{WA}(A,in)$  = sound power inlet

## Data in operating point

$q_v$	m <sup>3</sup> /h	140
		82,41
$p_{fs}$	Pa	405,7
$p_f$	Pa	408
$n$	min <sup>-1</sup>	3452
$P_{ed}$	W	54,59
$SFP$	kW/(m <sup>3</sup> /s)	1,4
$\eta_{ed}$	%	29,1
$\eta_{es}$	%	28,9
$I$	A	0,512
$L_{WA}(A,in)$	dB(A)	71,6
$L_{WA}(A,out)$	dB(A)	74,6
$L_{WA}(A,in+out)$	dB(A)	76,4
$U_{control}$	V	8,5

### Settings

$\rho_{calculated}$ to	kg/m <sup>3</sup>	1,2
$\rho_{measured}$ at	kg/m <sup>3</sup>	1,15



# ANEXO S



# EC centrifugal fan - RadiCal

backward curved, single inlet

epM inlet nozzle

## Nominal data

Nominal voltage range	V	1~ 200 .. 240
Frequency	Hz	50/60
Fan speed	n	min <sup>-1</sup> 3740
Input power	P <sub>ed</sub>	W 85
Current draw	I	A 0.80
Mass	kg	1.1
Min. ambient temp.	°C	-25
Max. ambient temp.	°C	60
Protection class		
Approvals		CSA C22.2 Nr.77; UL 2111
Number of blades		7
Mounting position		Any

Air performance measured as per ISO 5801 Installation category A.

For detailed information on the measuring setup, please contact ebm-papst.

Suction-side noise levels: L<sub>WA</sub> measured as per ISO 13347 / L<sub>pA</sub> with 1 m distance to fan axis.

The values given are valid under the measuring conditions mentioned above and may vary according to the actual installation situation.

With any deviation from the standard setup, the specific values have to be checked and reviewed with the unit installed.

q<sub>v</sub> = airflowp<sub>f</sub> = total pressure (static + dynamic)P<sub>ed</sub> = electrical input powerη<sub>ed</sub> = q<sub>v</sub> × p<sub>f</sub> / P<sub>ed</sub> (overall efficiency)

I = current draw

L<sub>WA</sub>(A,out) = sound power outletL<sub>WA</sub>(A,in+out) = sound power inlet+outletρ<sub>calculated to</sub> = air density converted to the applicationρ<sub>measured at</sub> = air density measured environmentU<sub>control</sub> = control voltagep<sub>fs</sub> = static pressure

n = fan speed

SFP = specific fan power

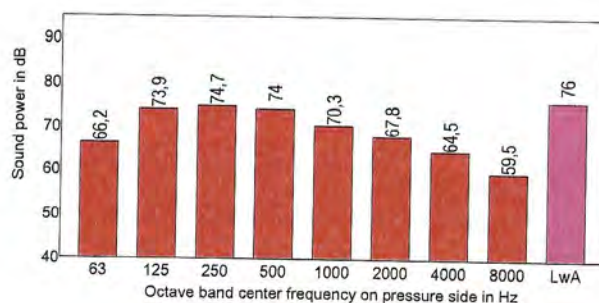
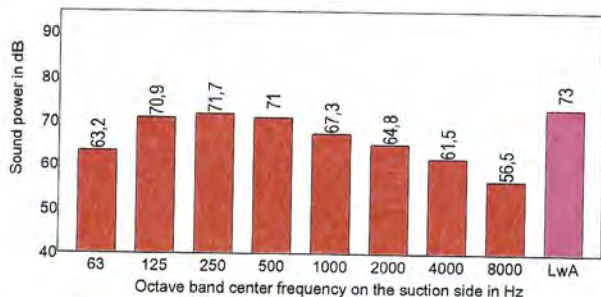
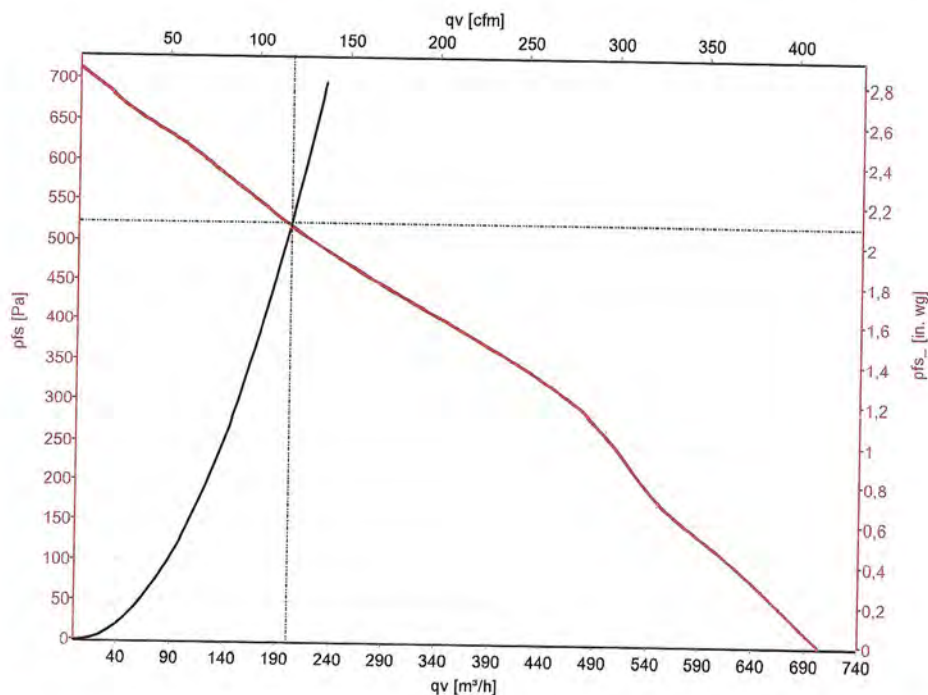
η<sub>es</sub> = overall static efficiencyL<sub>WA</sub>(A,in) = sound power inlet

## Data in operating point

q <sub>v</sub>	m³/h	200,6
		118,1
p <sub>fs</sub>	Pa	518,5
p <sub>f</sub>	Pa	524
n	min <sup>-1</sup>	3941
P <sub>ed</sub>	W	86,4
SFP	kW/(m³/s)	1,55
η <sub>ed</sub>	%	33,8
η <sub>es</sub>	%	33,4
I	A	0,812
L <sub>WA</sub> (A,in)	dB(A)	73
L <sub>WA</sub> (A,out)	dB(A)	76
L <sub>WA</sub> (A,in+out)	dB(A)	77,7
U <sub>control</sub>	V	10

### Settings

ρ <sub>calculated to</sub>	kg/m³	1,2
ρ <sub>measured at</sub>	kg/m³	1,15



# ANEXO T



# TruBend Serie 5000

Máquinas de plegado

## Datos técnicos

	TruBend 5085	TruBend 5130	TruBend 5170
FUERZA DE PRENSADO	850 kN	1300 kN	1700 kN
LONGITUD DE PLEGADO	2210 mm	3230 mm	3230 mm
LONGITUD DE PLEGADO PARA MODELO AUMENTADO (OPCIÓN)	2720 mm	-	4250 mm
PASO LIBRE DE MONTANTES	1750 mm	2690 mm	2690 mm
ALTURA DE MONTAJE APROVECHABLE	385 mm	385 mm	615 mm
ALTURA DE MONTAJE APROVECHABLE PARA MODELO AMPLIADO (OPCIONAL)	615 mm	615 mm	-
GARGANTA	420 mm	420 mm	420 mm
INTERFAZ DE USUARIO	Touchpoint TruBend	Touchpoint TruBend	Touchpoint TruBend
VELOCIDAD MÁX. DE TRABAJO	25 mm/s	25 mm/s	25 mm/s
MODO DE GRAN VELOCIDAD	220 mm/s	220 mm/s	220 mm/s
DIMENSIONES			
LONGITUD	3020 mm	3980 mm	3980 mm
ANCHURA	1800 mm	1800 mm	1900 mm
ALTURA	2375 mm	2375 mm	3000 mm

	TruBend 5230	TruBend 5320
FUERZA DE PRENSADO	2300 kN	3200 kN
LONGITUD DE PLEGADO	3230 mm	4420 mm

Reservado el derecho a modificaciones. Son vinculantes los datos de nuestra oferta y nuestra confirmación de pedido.

# ANEXO U



Datos técnicos de los útiles superiores

## Punzón acodado

# OW200

Portaútil **Modufix**

Ejecución de apoyo en el cabezal

### Datos técnicos:

Material:	42 Cr Mo4, bonificado
Resistencia:	1080 - 1180 N/mm <sup>2</sup>
Carga máxima:	800 kN/m
Altura de trabajo:	120 mm
Radio de trabajo:	1 mm
Mecanizado final:	Área de trabajo templada por láser
Peso:	29,3 kg/m

### Radios especiales disponibles:

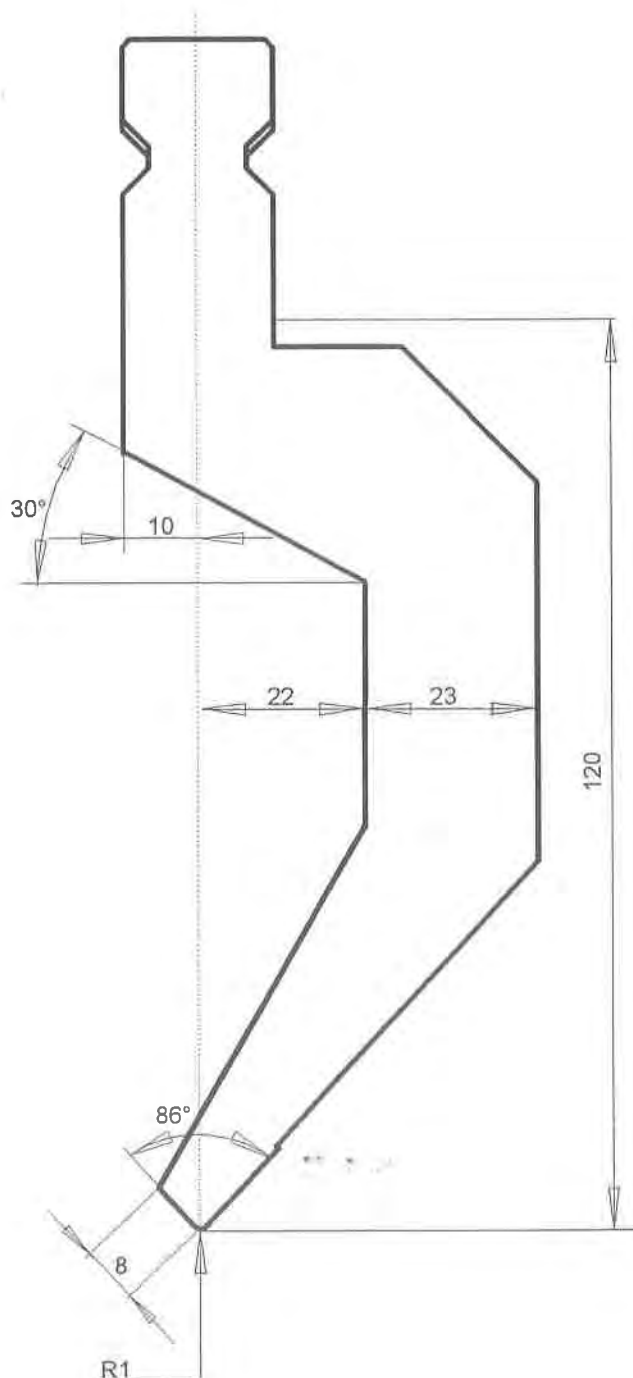
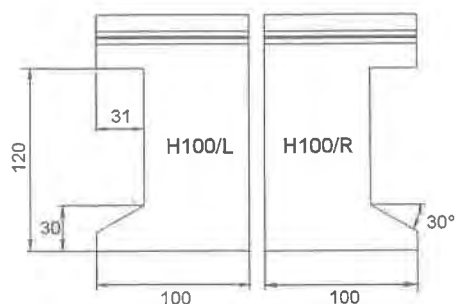
Radio de trabajo máximo:	6 mm
Altura de trabajo:	117,3 mm
Radio de trabajo mínimo:	0,3 mm
Altura de trabajo:	119,8 mm

### Longitud de los segmentos:

25, 30, 35, 40, 45, 50, 100, 200, 300, 500 mm

Talón , izquierda + derecha

Carga máxima: 800 kN/m



# ANEXO V

Datos técnicos de los útiles inferiores

Matrices con V sencilla

Ancho de la matriz: 10 mm

Angulo de apertura: 30 grados

EV003

Datos técnicos:

Material: 42 Cr Mo4, bonificado

Resistencia: 1080 - 1180 N/mm<sup>2</sup>

Carga máxima: 400 kN/m

Altura de trabajo: 100 mm

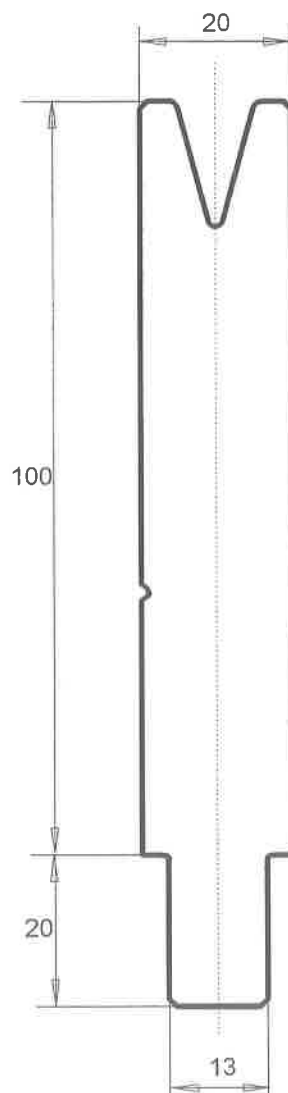
Radios de trabajo: 1,0 mm

Mecanizado final: Área de trabajo  
templada por láser

Peso: 17,0 kg/m

Longitud de los segmentos:

25, 30, 35, 40, 45, 50, 100, 200, 300, 500 mm



# ANEXO X

Datos técnicos de los útiles superiores

## Punzón puntiagudo con escote

# OW202

Portaútil **Modufix**

Ejecución de apoyo en el cabezal

### Datos técnicos:

Material: 42 Cr Mo4, bonificado  
 Resistencia: 1080 - 1180 N/mm<sup>2</sup>  
 Carga máxima: 400 kN/m  
 Altura de trabajo: 120 mm  
 Radio de trabajo: 1 mm  
 Mecanizado final: Área de trabajo templada por láser  
 Peso: 19,7 kg/m

### Radios especiales disponibles:

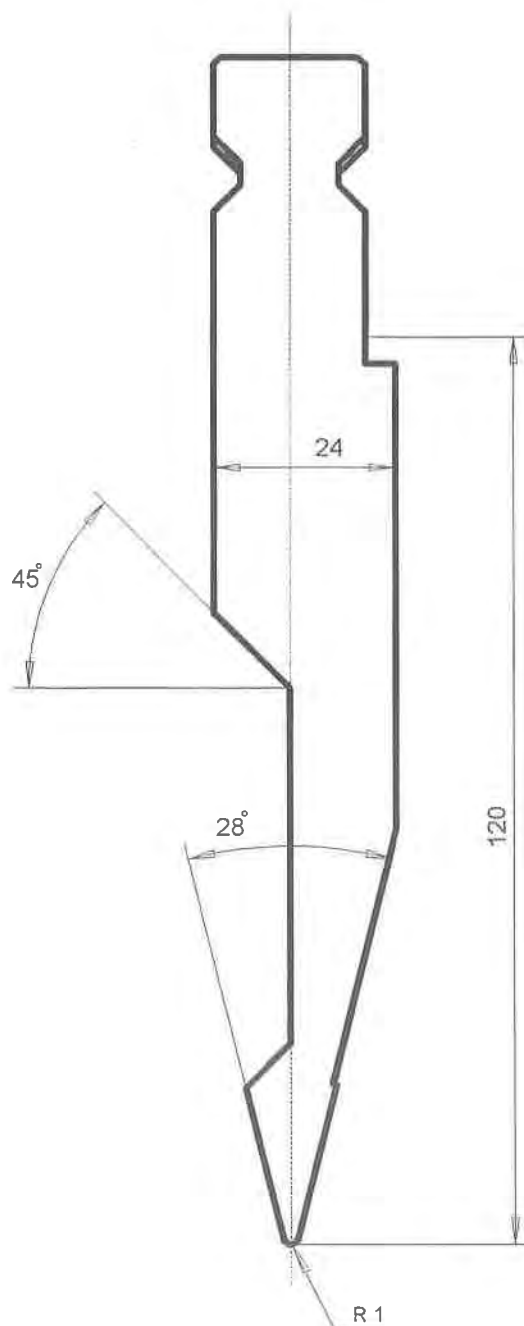
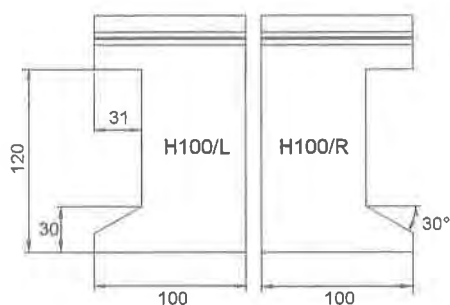
Radio de trabajo máximo: 4 mm  
 Altura de trabajo: 109,8 mm  
 Radio de trabajo mínimo: 0,8 mm  
 Altura de trabajo: 119,8 mm

### Longitud de los segmentos:

25, 30, 35, 40, 45, 50, 100, 200, 300, 500 mm

Talón , izquierda + derecha

Carga máxima: 400 kN/m



# ANEXO Y

### Radio interior $R_i$

El radio interior  $R$  es una función de la anchura de la matriz. Independientemente del espesor de la chapa, resulta:

$$R_i \approx 0,16 \cdot W \quad (\text{Fórmula determinada empíricamente por TRUMPF})$$

En la tabla de fuerzas máximas podrá encontrar una tabla sobre las anchuras máxima o mínima de la matriz que pueden emplearse para un espesor determinado de la chapa.

#### *Indicaciones importantes*

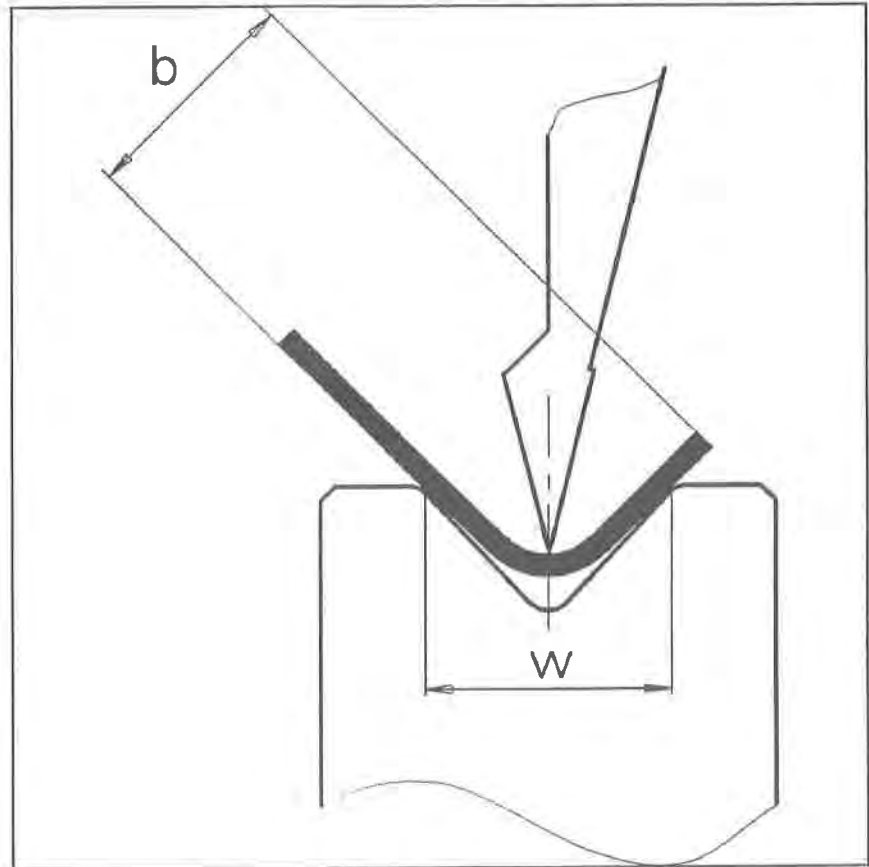
**Relación entre el espesor de la chapa y la anchura de la matriz:**

Espesor de la chapa:	0,5-2,6 mm	3-8 mm	9-12 mm
Anchura de la matriz	6.s	8.s	10.s

## Longitud menor del lado de la pieza a doblar b

Fig. 3856

b Longitud mínima posible del lado de la pieza a doblar  
w Anchura de la matriz



$$b^* = 0,75 \cdot w$$

\* Sólo se puede aplicar para una matriz de 90° con plegado libre y de estampación



# ANEXO Z

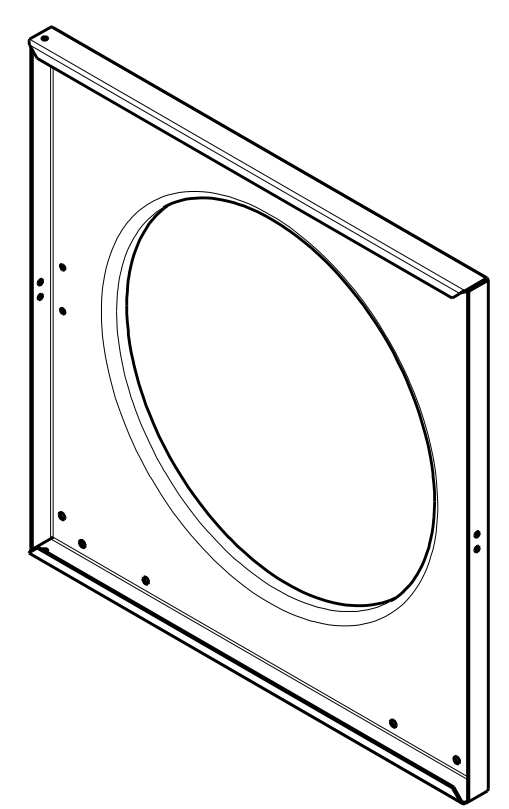
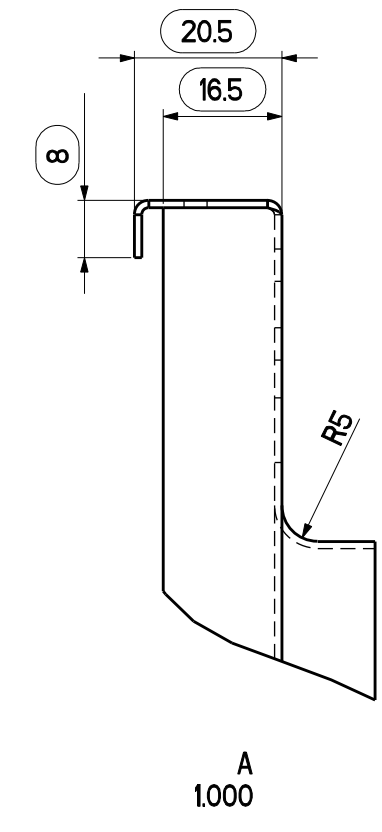
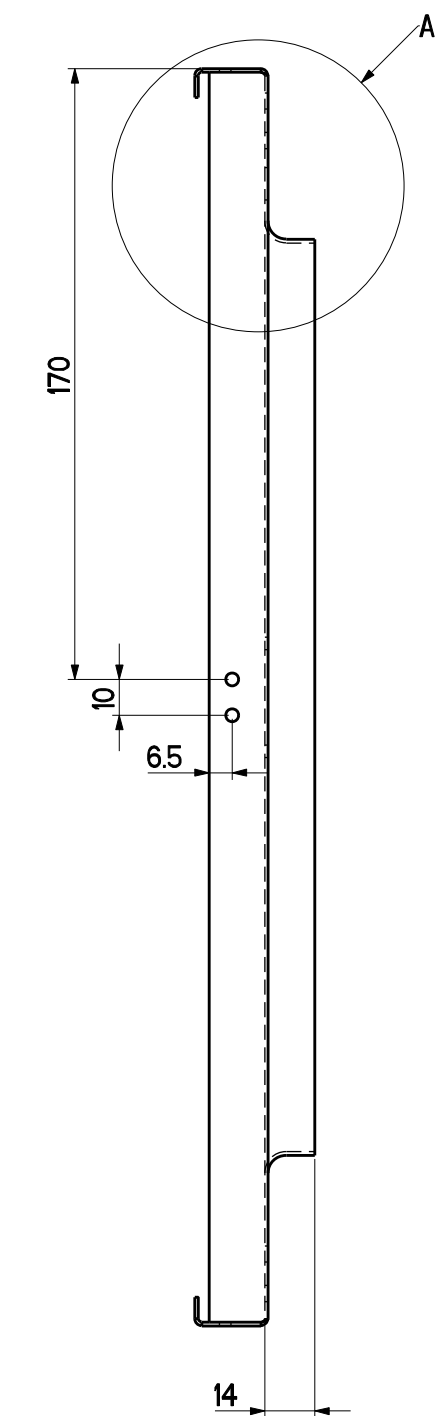
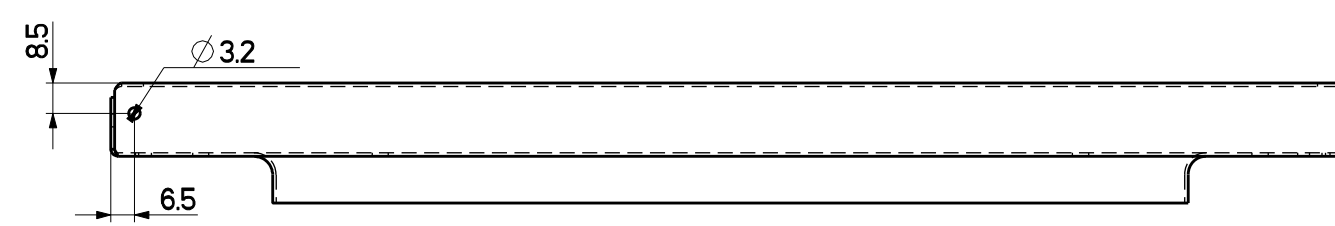
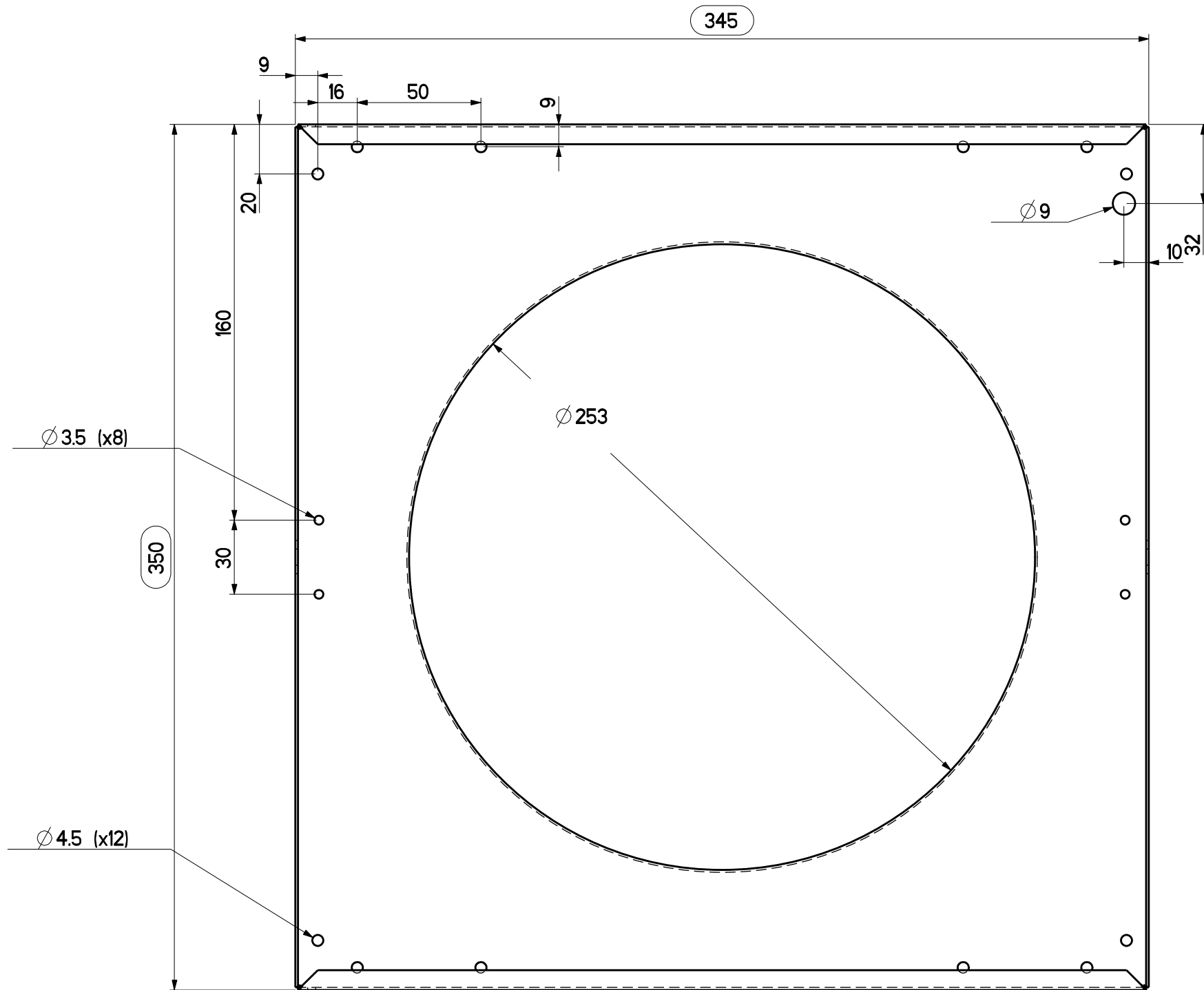
## Tabla de fuerzas máximas:

Fuerza máxima necesaria para un plegado libre de 90°.  
En caso de estampado, se necesita una fuerza de casi  
3 a 8 veces mayor.

ACERO INOXIDABLE			s (mm)	Fuerza máxima / Metros (F en kN) (suponiendo que Rm = 700N/mm²)														
R <sub>t</sub> (mm)	b (mm)	W (mm)	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	10
1	4,5	6	87*	155	242	349	475											
1,3	6	8	65	116*	182	262	356											
1,6	7,5	10	52	93	145*	209	285	372										
1,9	9	12	44	78	121	175	238	310	485									
2,6	12	16	33	58	91	131	178	233	364	524								
3,2	15	20		47	73	105	143	186	291	419	570							
3,8	18	24			61	87	119	155	242	349	475	621						
4,8	22,5	30						124	194	279	380	497	628					
6,4	30	40						93	145	209	285	372	471	582	838			
8	37,5	50							116	168	228	298	377	466	670	912	1192	
9,6	45	60								140	190	248	314	388	559	760	993	
11	52,5	70									163	213	269	333	479	652	851	1330
13	60	80										186	236	291	419	570	745	1164
14	67,5	90											209	259	372	507	662	1034
16	75	100												233	335	456	596	931
19	90	120													279	380	497	776

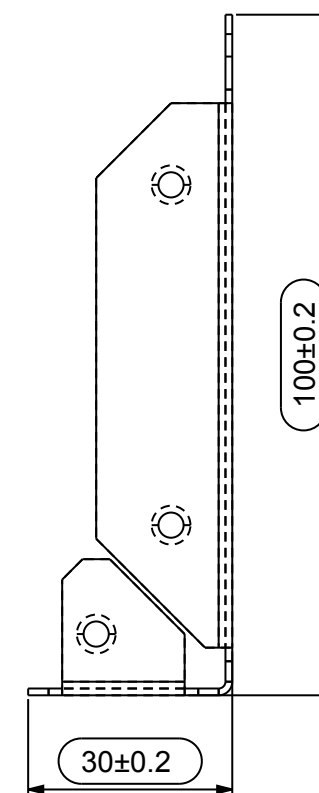
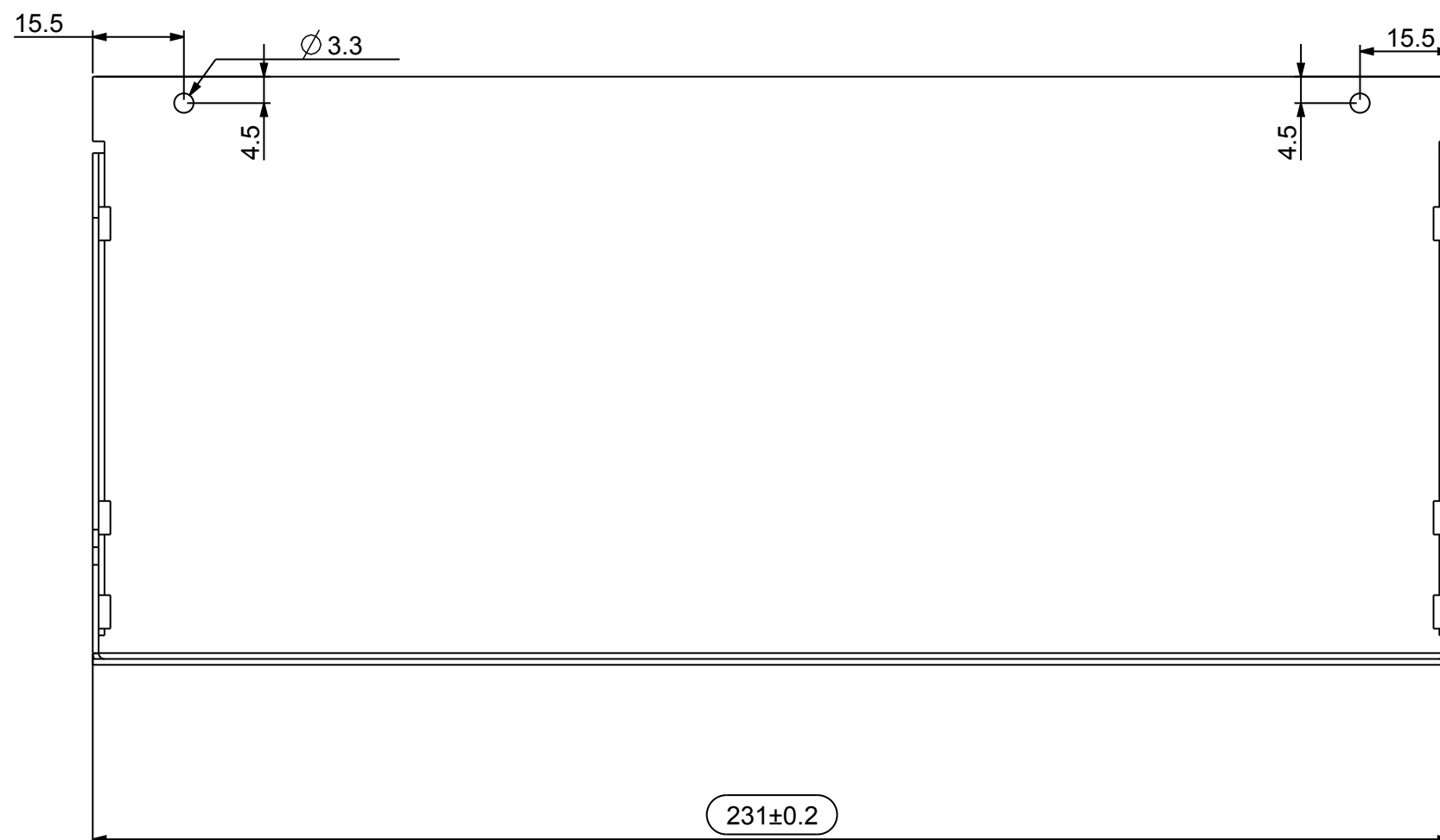
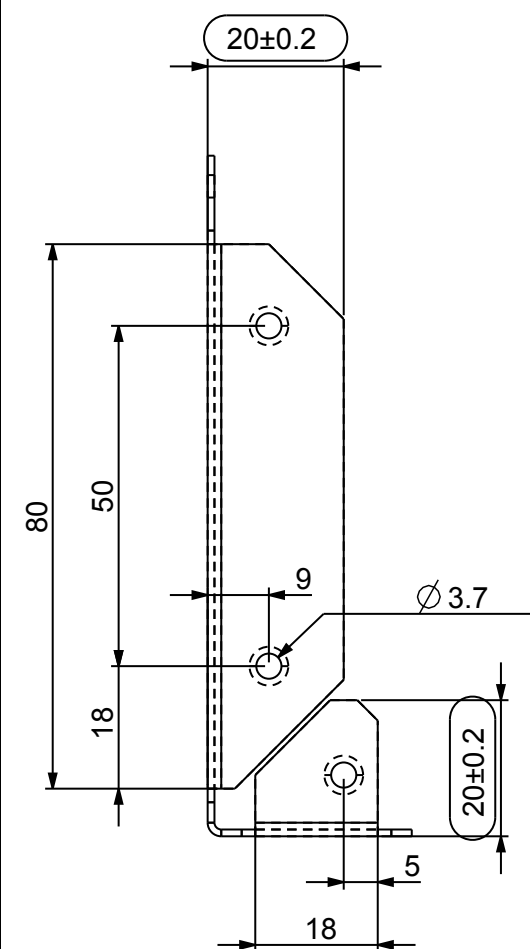
\*anchura óptima de la matriz

# ANEXO AA

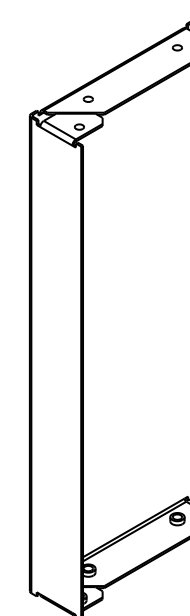


LATERAL

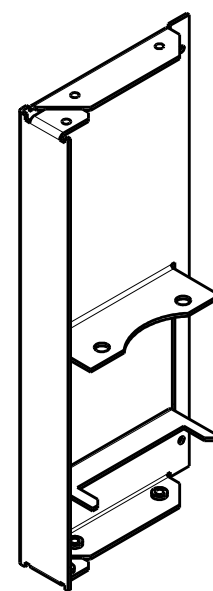
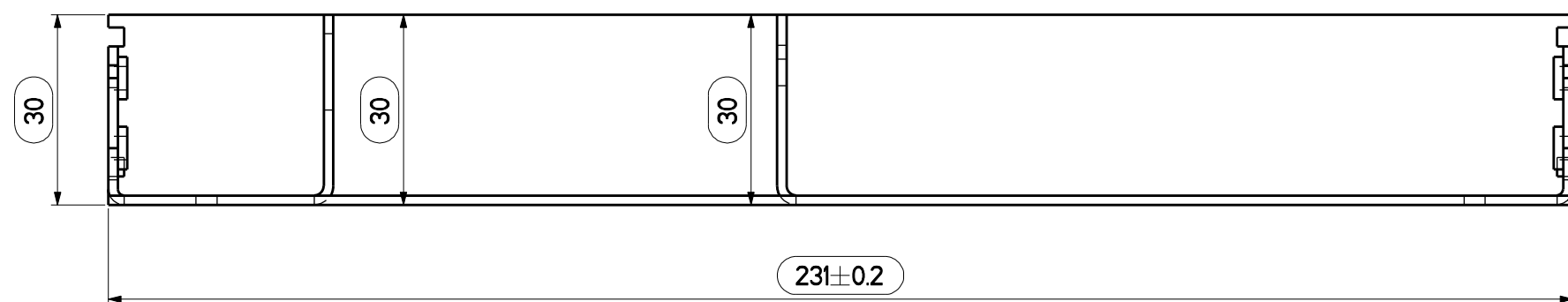
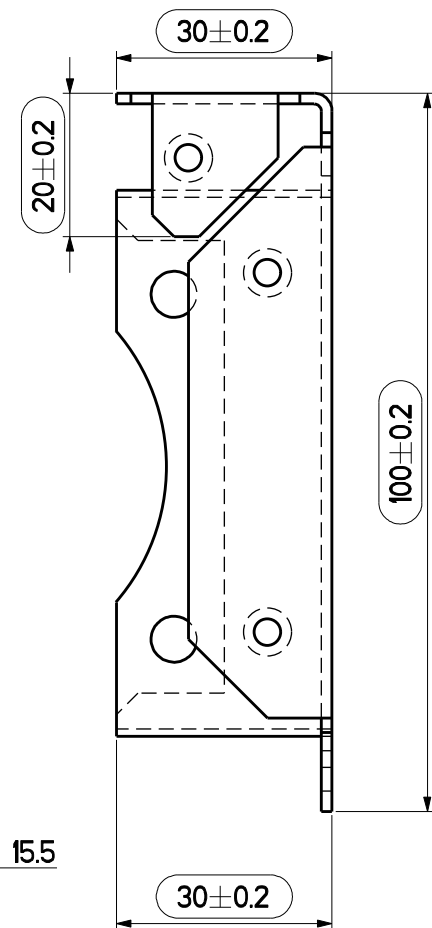
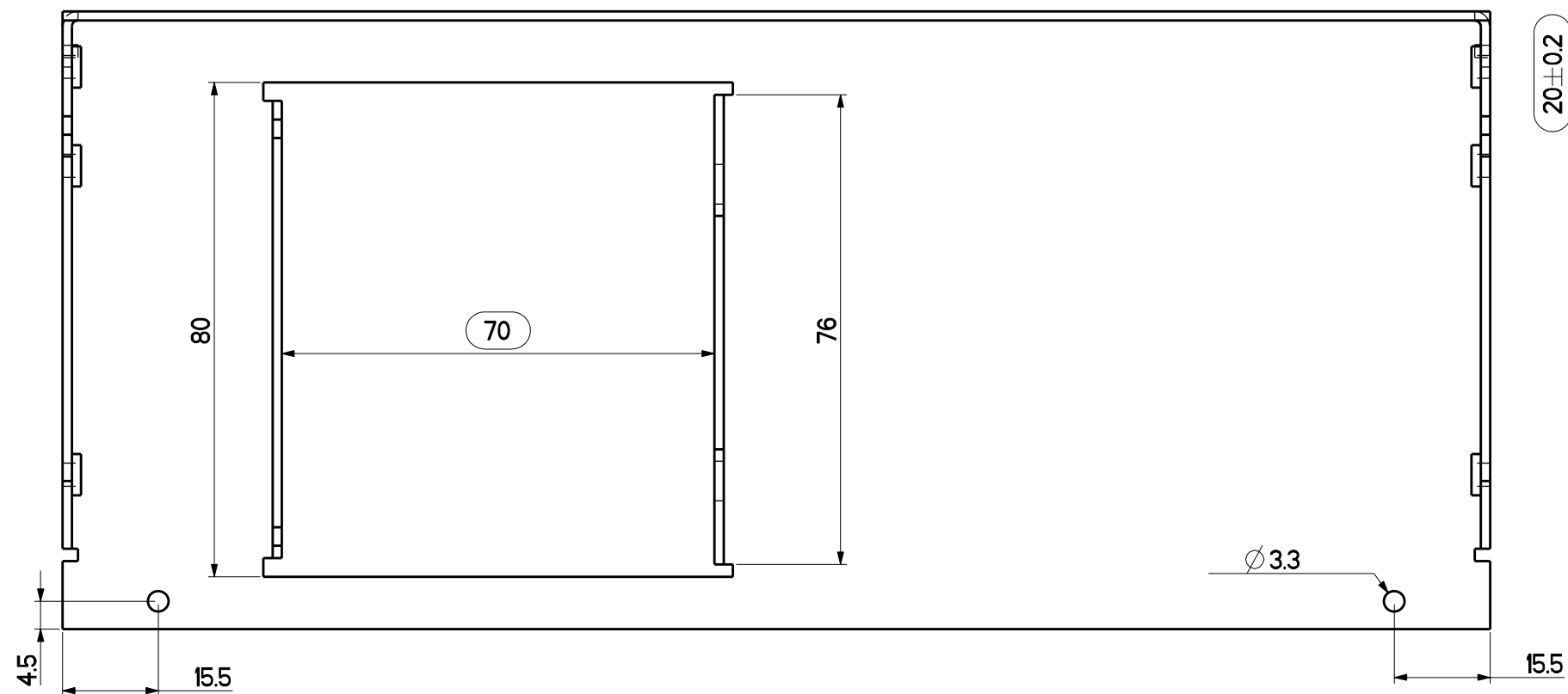
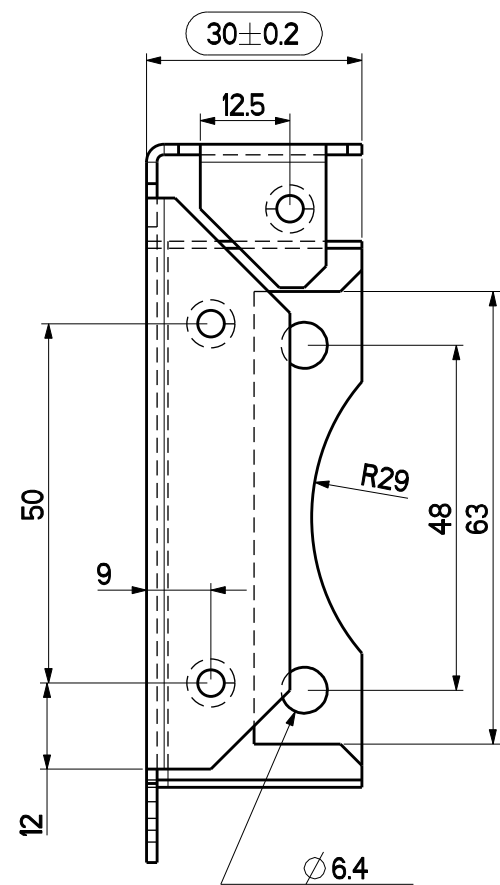
# ANEXO AB



ESQUINA



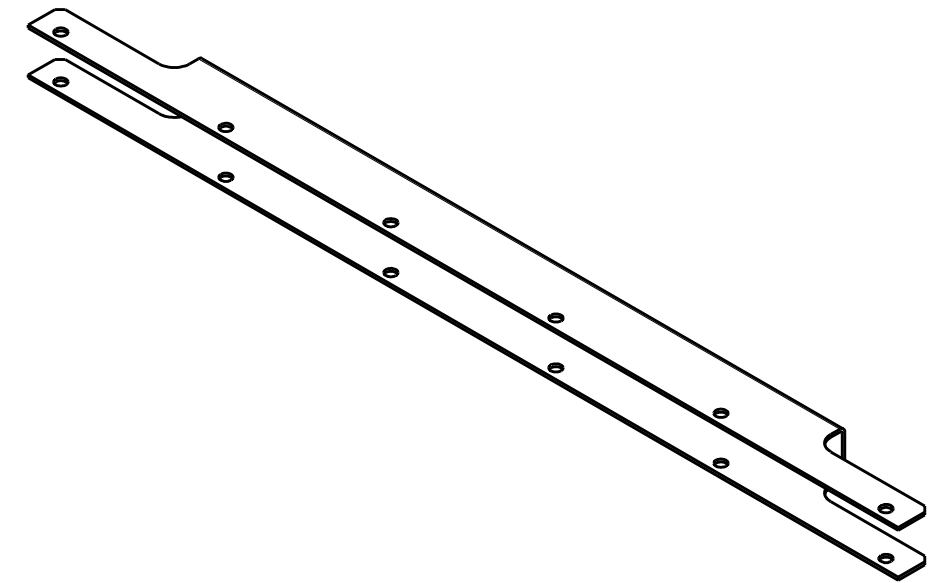
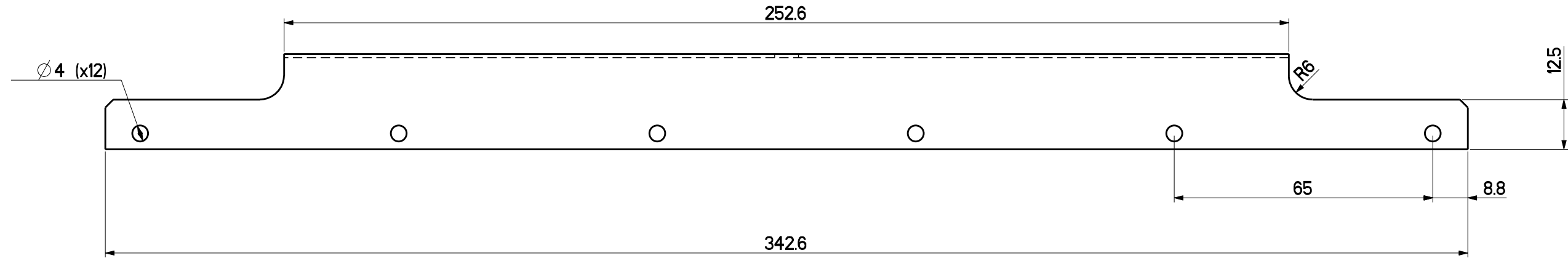
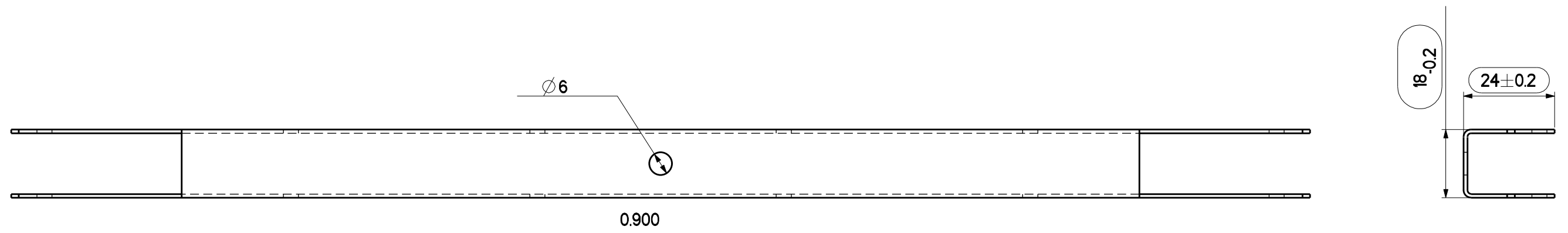
# ANEXO AC



ESQUINA SOPORTE MOTOR

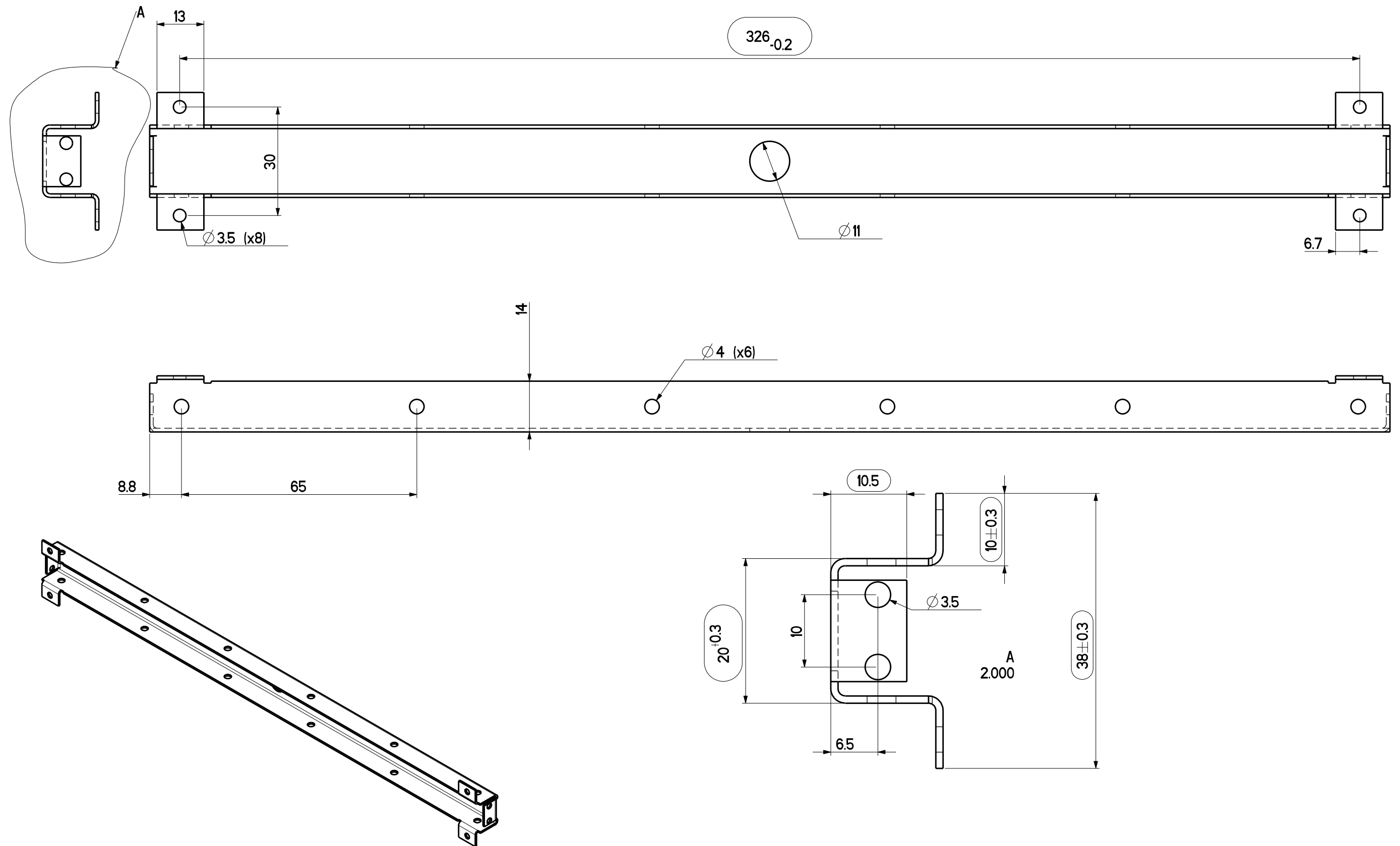


# ANEXO AD



SOPORTE EJE ROTOR INTERIOR

# ANEXO AE



SOPORTE EJE ROTOR EXTERIOR

# ANEXO AF

# TEXROPE® HFX-E

## Una correa trapezoidal con mantenimiento cero.

TEXROPE® ha diseñado una correa trapezoidal sin forro y con mantenimiento cero, que reduce los gastos de mantenimiento y aporta más comodidad y tranquilidad. La innovadora tecnología de cuerda de estiramiento mínimo empleada en las correas trapezoidales TEXROPE® HFX-e elimina la reducción de la tensión que se produce en las primeras horas posteriores a la instalación. A diferencia de las correas convencionales, no necesita ningún periodo de rodaje ni ajuste de tensión durante toda su vida útil. Facilita la vida a los ingenieros de mantenimiento y de diseño, sobre todo en las transmisiones de difícil acceso. Descubra las características revolucionarias de esta nueva generación de correas trapezoidales sin forro.



## Secciones y dimensiones nominales

	Anchura (mm)	Altura (mm)
XPZ/3VX	10	8
XPA	13	10
XPB/5VX	16	13
XPC	22	18



## Características y prestaciones

### CUERDAS DE TRACCIÓN DE POLIÉSTER

Cuerda diseñada para un alargamiento mínimo.

Cuerdas de elevada resistencia.

+ No se necesitan ajustes de tensión.

+ Tensión estable durante toda su vida útil.

+ Correa de longitud estable (con marca ST).

### CAPA DE ADHESIÓN DE COLOR VERDE

Cuerdas de tracción de poliéster integradas en la capa de adhesión.

+ Unión robusta entre las cuerdas de tracción y el material del propio cuerpo de la correa.

### CUERPO DE CAUCHO REFORZADO CON FIBRAS

Fibras de alto rendimiento incorporadas en el compuesto, libre de halógenos.

Orientación transversal de las fibras.

La tecnología de caucho EPDM más avanzada.

+ Rango de temperatura ampliado, desde -50°C hasta +130°C.

+ Flexibilidad longitudinal y rigidez transversal.

+ Excelente soporte de las cuerdas.

+ Conformidad con la ISO 4184, la DIN 7753, la NF T-47 141 y la BS 3790.

+ Presentan conductividad estática (ISO 1813) y se pueden utilizar en las condiciones descritas en la directiva atex.

+ Conformidad con RoHS y REACH.

### PERFIL DE MUESCAS ESPECIAL

Geometría optimizada.

Lados perfilados por amolado con precisión.

Proporcional a la sección de la correa.

+ Perfecta estabilidad de la correa.

+ Encajado uniforme en la polea.

+ Reducción de la fatiga por flexión.

+ Funcionamiento más silencioso.

## Referencias

XPZ/3VX	
Descripción ISO Long. de ref. mm	Descripción RMA
XPZ587	3VX233
XPZ600	3VX238
XPZ630	3VX250
XPZ660	3VX261
XPZ670	3VX265
XPZ687	3VX272
XPZ710	3VX280
XPZ722	3VX286
XPZ737	3VX292
XPZ750	3VX297
XPZ762	3VX300
XPZ775	3VX307
XPZ787	3VX311
XPZ800	3VX315
XPZ817	3VX323
XPZ825	3VX326
XPZ837	3VX331
XPZ850	3VX335
XPZ862	3VX341
XPZ875	3VX346
XPZ887	3VX350
XPZ900	3VX355
XPZ917	3VX362
XPZ925	3VX366
XPZ937	3VX370
XPZ950	3VX375
XPZ962	3VX380
XPZ975	3VX385
XPZ987	3VX390
XPZ1000	3VX395
XPZ1012	3VX400
XPZ1030	3VX407
XPZ1037	3VX410
XPZ1060	3VX419
XPZ1080	3VX425
XPZ1087	3VX429
XPZ1110	3VX438
XPZ1120	3VX442
XPZ1137	3VX450
XPZ1150	3VX454
XPZ1162	3VX459
XPZ1180	3VX464
XPZ1212	3VX479
XPZ1220	3VX482
XPZ1237	3VX487
XPZ1250	3VX494
XPZ1270	3VX500
XPZ1280	3VX505
XPZ1287	3VX508
XPZ1312	3VX518
XPZ1320	3VX520
XPZ1337	3VX530
XPZ1360	3VX537
XPZ1400	3VX553
XPZ1412	3VX557
XPZ1420	3VX560
XPZ1437	3VX567
XPZ1450	3VX572

XPZ/3VX	
Descripción ISO Long. de ref. mm	Descripción RMA
XPZ1487	3VX587
XPZ1500	3VX592
XPZ1512	3VX597
XPZ1520	3VX600
XPZ1537	3VX607
XPZ1550	3VX612
XPZ1587	3VX626
XPZ1600	3VX630
XPZ1650	3VX650
XPZ1687	3VX666
XPZ1700	3VX670
XPZ1750	3VX690
XPZ1800	3VX710
XPZ1850	3VX730
XPZ1900	3VX750
XPZ1950	3VX771
XPZ2000	3VX790
XPZ2030	3VX800
XPZ2120	3VX836
XPZ2160	3VX850
XPZ2240	3VX883
XPZ2280	3VX900
XPZ2360	3VX931
XPZ2410	3VX950
XPZ2500	3VX986
XPZ2540	3VX1000
XPZ2650	3VX1045
XPZ2690	3VX1060
XPZ2800	3VX1104
XPZ2840	3VX1120
XPZ3000	3VX1180
XPZ3150	3VX1242
XPZ3350	3VX1320
XPZ3550	3VX1400

XPA
Descripción ISO Long. de ref. mm
XPA690
XPA732
XPA750
XPA757
XPA775
XPA782
XPA800
XPA825
XPA832
XPA850
XPA857
XPA875
XPA882
XPA900
XPA907
XPA925
XPA932
XPA950
XPA957
XPA975
XPA982
XPA1000
XPA1007
XPA1030
XPA1060
XPA1082
XPA1090
XPA1107
XPA1120
XPA1132
XPA1142
XPA1150
XPA1157
XPA1172
XPA1180
XPA1207
XPA1220
XPA1232
XPA1250
XPA1257
XPA1272
XPA1282
XPA1307
XPA1320
XPA1332
XPA1360
XPA1382
XPA1400
XPA1442
XPA1450
XPA1462
XPA1482
XPA1500
XPA1507
XPA1522
XPA1532
XPA1550
XPA1557

XPA
Descripción ISO Long. de ref. mm
XPA1582
XPA1600
XPA1607
XPA1632
XPA1650
XPA1682
XPA1700
XPA1732
XPA1750
XPA1782
XPA1800
XPA1850
XPA1900
XPA1950
XPA2000
XPA2060
XPA2120
XPA2180
XPA2240
XPA2360
XPA2430
XPA2500
XPA2650
XPA2800
XPA3000
XPA3150
XPA3350
XPA3550
XPA3750
XPA4000

# ANEXO AG





40W

INDUCTION MOTOR □90mm LEAD WIRE TYPE

SIZE mm sq.	Type	Poles	Output	Voltage	Frequency	Duty	Rated Load				Starting Torque		Capacitor
			(w)	(v)	(Hz)		Current	Speed	Torque		(kg-cm)	(N-m)	(uF)
							(A)	(rpm)	(kg-cm)	(N-m)			
90	S9I40GA( ) S9I40GA( )(TP) S9I40GA( )CE	4	40	1 Ø 110	60	Cont.	0.82	1600	2.50	0.250	2.90	0.290	10.0
	S9I40GB( ) S9I40GB( )(TP) S9I40GB( )CE	4	40	1 Ø 220	60	Cont.	0.41	1600	2.50	0.250	2.90	0.290	2.5
	S9I40GC( ) S9I40GC( )(TP) S9I40GC( )CE	4	40	1 Ø 100	50	Cont.	0.80	1300	3.10	0.310	2.40	0.240	10.0
					60		0.85	1550	2.60	0.260			
	S9I40GD( ) S9I40GD( )(TP) S9I40GD( )CE	4	40	1 Ø 200	50	Cont.	0.41	1300	3.10	0.310	2.40	0.240	2.5
					60		0.43	1550	2.60	0.260			
	S9I40GE( ) S9I40GE( )CE	4	40	1 Ø 100	50	Cont.	0.82	1300	3.10	0.310	2.40	0.240	10.0
					60		0.85	1550	2.60	0.260			
				1 Ø 115	60		0.91	1550	2.60	0.260			8.0
	S9I40GX( ) S9I40GX( )CE	4	40	1 Ø 220	50	Cont.	0.34	1250	3.15	0.315	1.80	0.180	2.0
				1 Ø 240			0.37		3.35	0.335	2.10	0.210	
	S9I40GU( ) S9I40GU( )CE	4	40	3 Ø 200	50	Cont.	0.36	1300	3.10	0.310	6.30	0.630	—
					60		0.33	1550	2.60	0.260	5.20	0.520	
	S9I40GT( ) S9I40GT( )CE	4	40	3 Ø 220	50	Cont.	0.39	1350	3.00	0.300	7.60	0.760	—
					60		0.33	1600	2.50	0.250	6.10	0.610	
	S9I40GS( ) S9I40GS( )CE	4	40	3 Ø 380	50	Cont.	0.21	1300	3.20	0.320	6.30	0.630	—
					60		0.19	1550	2.70	0.270	4.85	0.485	
				3 Ø 400	50	Cont.	0.21	1300	3.30	0.330	6.90	0.690	
60					0.19		1550	2.80	0.280	5.25	0.525		
3 Ø 415				50	Cont.	0.21	1350	3.10	0.310	7.30	0.730		
				60		0.19	1600	2.60	0.260	5.70	0.570		
3 Ø 440				50	Cont.	0.21	1350	3.20	0.320	8.20	0.820		
				60		0.19	1600	2.70	0.270	6.30	0.630		

- ❖ S9I40GE is UL approved (UL FILE No. E172720) thermally protected type.
- ❖ Appropriate capacitors shall be used according to the voltage for S9I40GE type since the size of the capacitor differs by different voltages. Malfunction may occur when not used properly. Capacitor for 115V will be delivered otherwise the required voltage is informed.
- ❖ CE marked at the end of model name indicates that it is thermally protected type which has received CE with built-in TP. S9I40GE( )CE is available only for 115V specification.
- ❖ TP marked at the end of the model name indicates that it is standard motor with Thermal Protector mounted. S9I40GE, S9I40GX, S9I40GS is thermally protected type with TP mounted.
- ❖ Be cautious when using a three-phase 380V motor controlled with inverter.
- ❖ ( ) is for marking ‘L’ type or ‘H’. ‘L’ should be used with gearhead ‘L’ and ‘H’ should be used with gearhead ‘H’.
- ❖ For a three-phase 380V~440V motor, be cautious when using the inverter. When inverter is used, the insulation of winding becomes hot and may cause damage to motor.

50Hz

GEAR RATIO		3	3.6	5	6	7.5	9	10	12.5	15	18	20	25	30	36	40	50	60	75	90	100	120	150	180	200	
	MODEL	rpm	500	416	300	250	200	166	150	120	100	83	75	60	50	41	37	30	25	20	16	15	12	10	8	7.5
S9KB B ( )	kg-Cm	8.3	9.9	13.8	16.5	20.7	24.8	27.5	34.4	41.3	49.6	49.6	62.1	74.5	89.4	99.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	N·m	0.813	0.970	1.352	1.617	2.029	2.430	2.695	3.371	4.047	4.861	4.861	6.086	7.301	8.761	9.731	9.800	9.800	9.800	9.800	9.800	9.800	9.800	9.800	9.800	9.800

60Hz

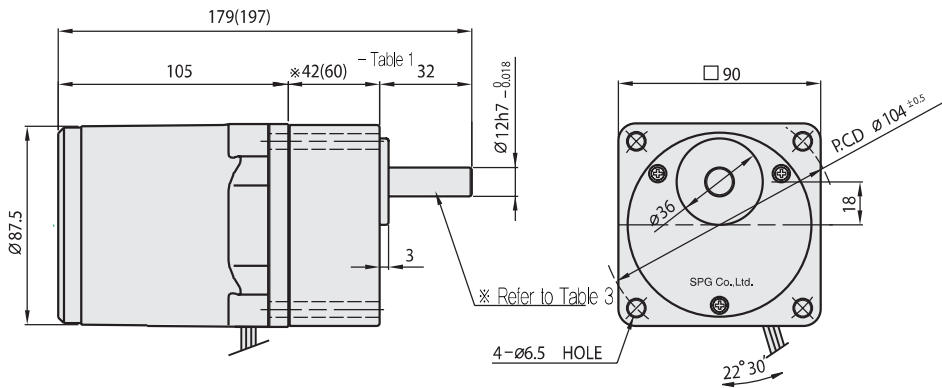
GEAR RATIO		3	3.6	5	6	7.5	9	10	12.5	15	18	20	25	30	36	40	50	60	75	90	100	120	150	180	200
MODEL	rpm	600	500	360	300	240	200	180	144	120	100	90	72	60	50	45	36	30	24	20	18	15	12	10	9
S9KB□B ( )	kg-cm	6.8	8.2	11.3	13.6	17.0	20.4	22.7	28.4	34.0	40.8	40.9	51.1	61.3	73.6	81.8	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	N·m	0.666	0.804	1.107	1.333	1.666	1.999	2.225	2.783	3.332	3.998	4.008	5.008	6.007	7.213	8.016	9.800	9.800	9.800	9.800	9.800	9.800	9.800	9.800	9.800

- ❖ The code in □ of gearhead model is for gear ratio. ❖ It is the permissible torque of the assembled motor and gearhead.
- ❖ The permissible torque of the motor and inter-decimal gearhead is 100 kg-cm.
- ❖ ■ color indicates that the output shaft of the geared motor rotates in the same direction as the output shaft of the motor. Others indicate rotation in the opposite direction.
- ❖ Rpm is based on synchronous speed (50Hz: 1500rpm, 60Hz: 1800rpm) divided by gear ratio. The actual rotation speed can be 2~20% less than displayed value depending on the load.
- ❖ ( ) is for marking ‘L’ type or ‘H’. ‘L’ should be used with motor ‘L’ and ‘H’ should be used with motor ‘H’.

## DIMENSIONS

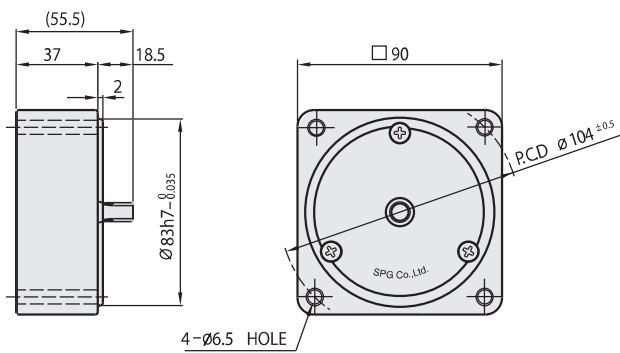
### GEARED MOTOR

※ MOTOR MODEL : S9I40G□□  
※ HEAD MODEL : S9□B3□□~S9□B200□□



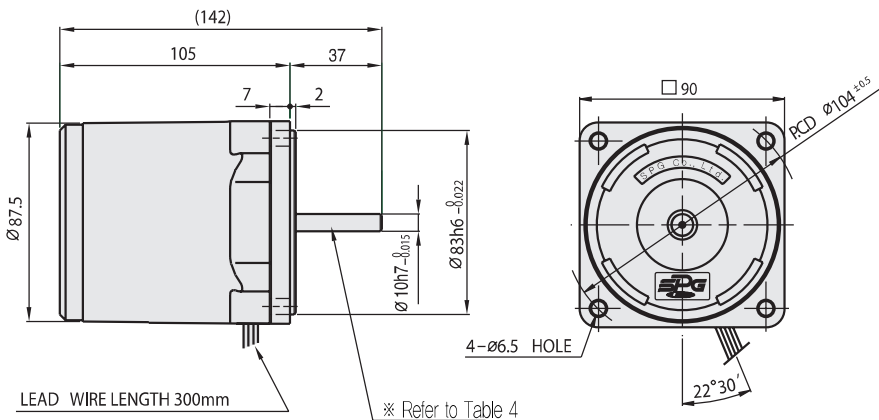
### INTER-DECIMAL GEAR HEAD

※ MODEL : S9GX10B(H,L)



### MOTOR

※ MOTOR MODEL : S9I40□□□



### ※42(60) - (Table 1)

GEAR RATIO	SIZE(mm)
S9□B3□□ ~ S9□B18□□	42
S9□B20□□ ~ S9□B200□□	60

### WEIGHT - (Table 2)

PART	WEIGHT(kg)
MOTOR	2.30
DECIMAL GEAR HEAD	0.60
GEAR HEAD	
S9□B3□□ ~ S9□B18□□	0.73
S9□B20□□ ~ S9□B40□□	1.03
S9□B50□□ ~ S9□B200□□	1.13

### KEY SPEC

GEAR HEAD	MOTOR

### SPEC for output shaft of gearhead - (Table 3)

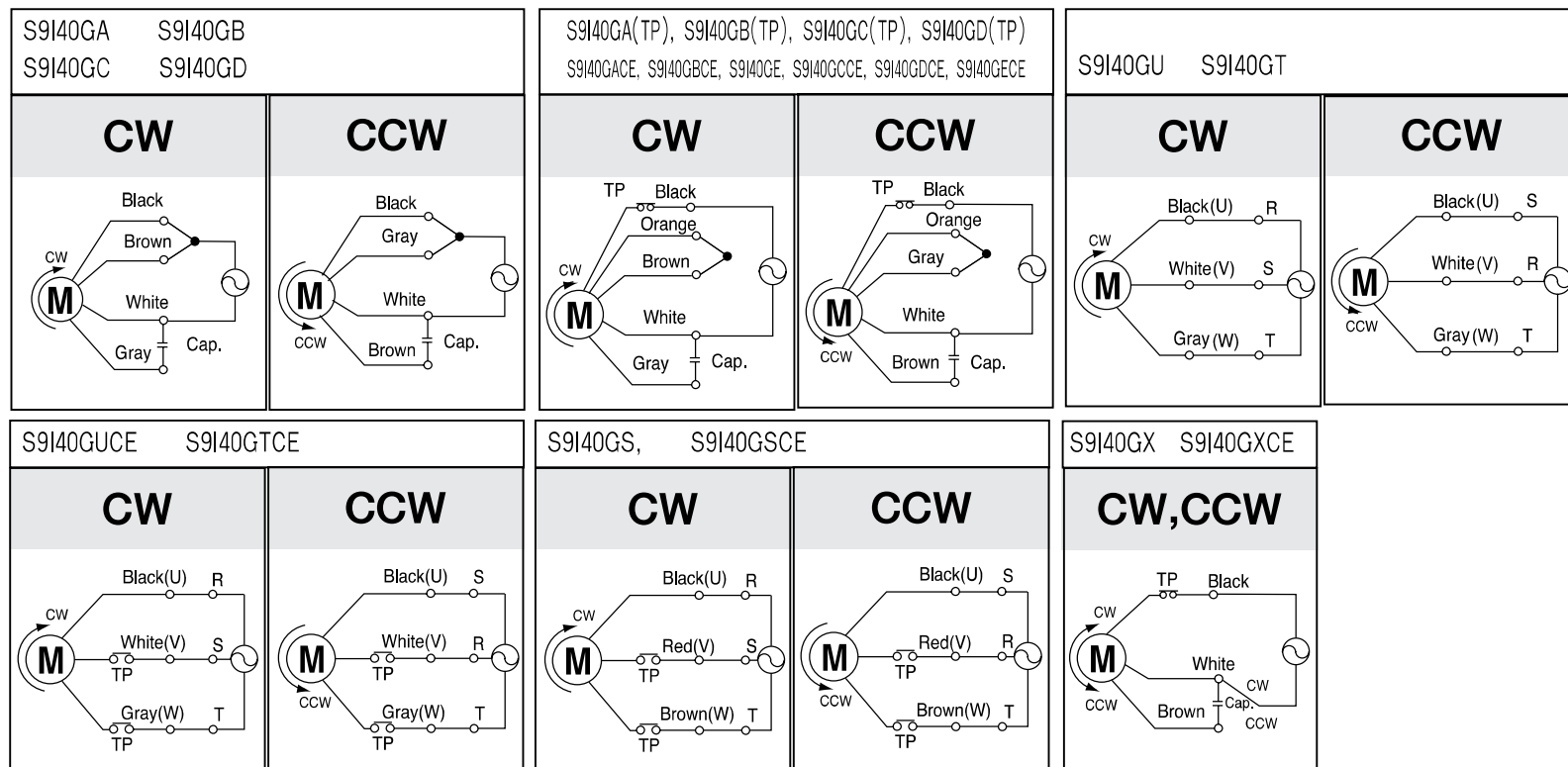
MODEL	TYPES OF OUTPUT SHAFT
STRAIGHT TYPE	
S9SB3□□ ~ S9SB200□□	
D-CUT TYPE	
S9DB3□□ ~ S9DB200□□	
KEY TYPE	
S9KB3□□ ~ S9KB200□□	

### SPEC for output shaft of motor - (Table 4)

MODEL	TYPES OF OUTPUT SHAFT
GEAR TYPE	
S9I40G□□	
STRAIGHT TYPE	
S9I40S□	
D-CUT TYPE	
S9I40D□	
KEY TYPE	
S9I40K□	

## SCHEMATIC DIAGRAMS

The direction of motor rotation is as viewed from the front shaft end of the motor.



Change the direction of motor rotation only after the motor stops completely. If an attempt is made to change the direction of rotation while the motor is running, the motor may ignore the reversing command or change its direction of rotation after some delay.

# ANEXO AH

## Sorption wheel

Date: 14.06.2018

Contact: Customer  
Phone:  
e-Mail:

Customer:  
Project:

### ErP 2018 Ready

Thermal performances			Heating	
			Supply air	Extract air
Temperature efficiency	$\eta_t$	%	82,4	
Humidity efficiency	$\eta_x$	%	70,3	
Enthalpy efficiency	$\eta_h$	%	77,8	
Temperature effectiveness	$\varepsilon_t$	%	82,4	
Humidity effectiveness	$\varepsilon_x$	%	70,3	
Total effectiveness	$\varepsilon_h$	%	77,8	
Thermal efficiency (ErP)	$\eta_{t,nrvu}$	%	82,4	

Mass flow	$q_m$	kg/h	240	240
-----------	-------	------	-----	-----

Capacity of the heat recovery system				
Sensible	$Q_{sensible}$	kW	2,2	-2,2
Latent	$Q_{latent}$	kW	1,1	-1,1
Total	$Q_{HRS}$	kW	3,3	-3,3
Mass transfer humidity	$q_{H_2O}$	kg/h	0	2

Pressure drop				
Actual pressure drop	$\Delta p_2/\Delta p_1$	Pa	96	111
Press. drop @ std. density	$\Delta p$	Pa	109	109
Face velocity @ std. density	$v$	m/s	1,8	1,8

In				
Nominal flow rate	$q_v$	m <sup>3</sup> /h	200	200
Temperature DB	$t_{21}/t_{11}$	°C	-15,0	25,0
Temperature WB	$t_{21}/t_{11}$	°C	-16,1	17,9
Rel. humidity	RH	%	50,0	50,0
Abs. humidity	$x$	g/kg	0,5	9,9
Density	$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	1,20	1,20
Enthalpy	$h$	kJ/kg	-13,9	50,4

Out				
Nominal flow rate	$q_v$	m <sup>3</sup> /h	200	200
Temperature DB	$t_{22}/t_{12}$	°C	18,0	-8,0
Temperature WB	$t_{22}/t_{12}$	°C	12,8	-8,0
Rel. humidity	RH	%	55,5	99,0
Abs. humidity	$x$	g/kg	7,1	1,9
Density	$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	1,20	1,20
Enthalpy	$h$	kJ/kg	36,1	-3,4

Efficiency / Efficiency class (EN 13053)	$\eta_e$	%	79,1		H1
Leakage data complies with Eurovent	@ $\Delta p_{22-11}$	Pa	250		
	EATR	%	0,00	OACF	1,63
Altitude / Air pressure		m	0	mbar	1.013

### Technical description

Hygroscopic rotor type SH1; The hybrid hygroscopic surface of this rotor class supports humidity transfer. SH1 is built both with Molecular sieve, 3Å and untreated aluminium foil for enhanced humidity recovery compared to SE3.

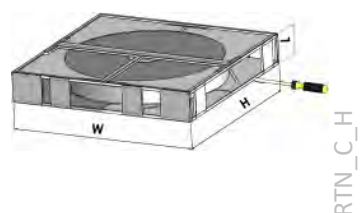
C is a modular casing for one piece rotors Ø300 - 2600 mm for connection to other parts of air handling units or directly to ducting.



Apply to our terms of use and delivery - [www.hoval.com](http://www.hoval.com)

- Subject to modifications and amendments

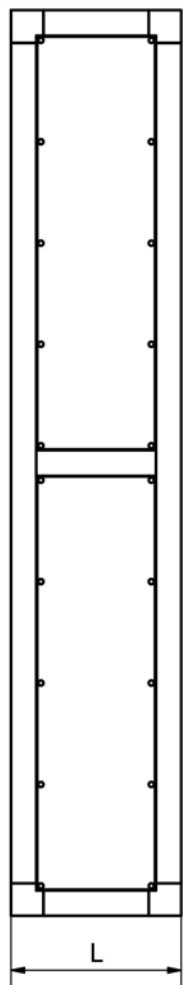
Rotor		
Ø	300	mm
Wave height	1,65	mm
Rotor width	200	mm
One piece (W)		
Orientation	Horizontal (H)	
Rotor speed	20,0	1/min



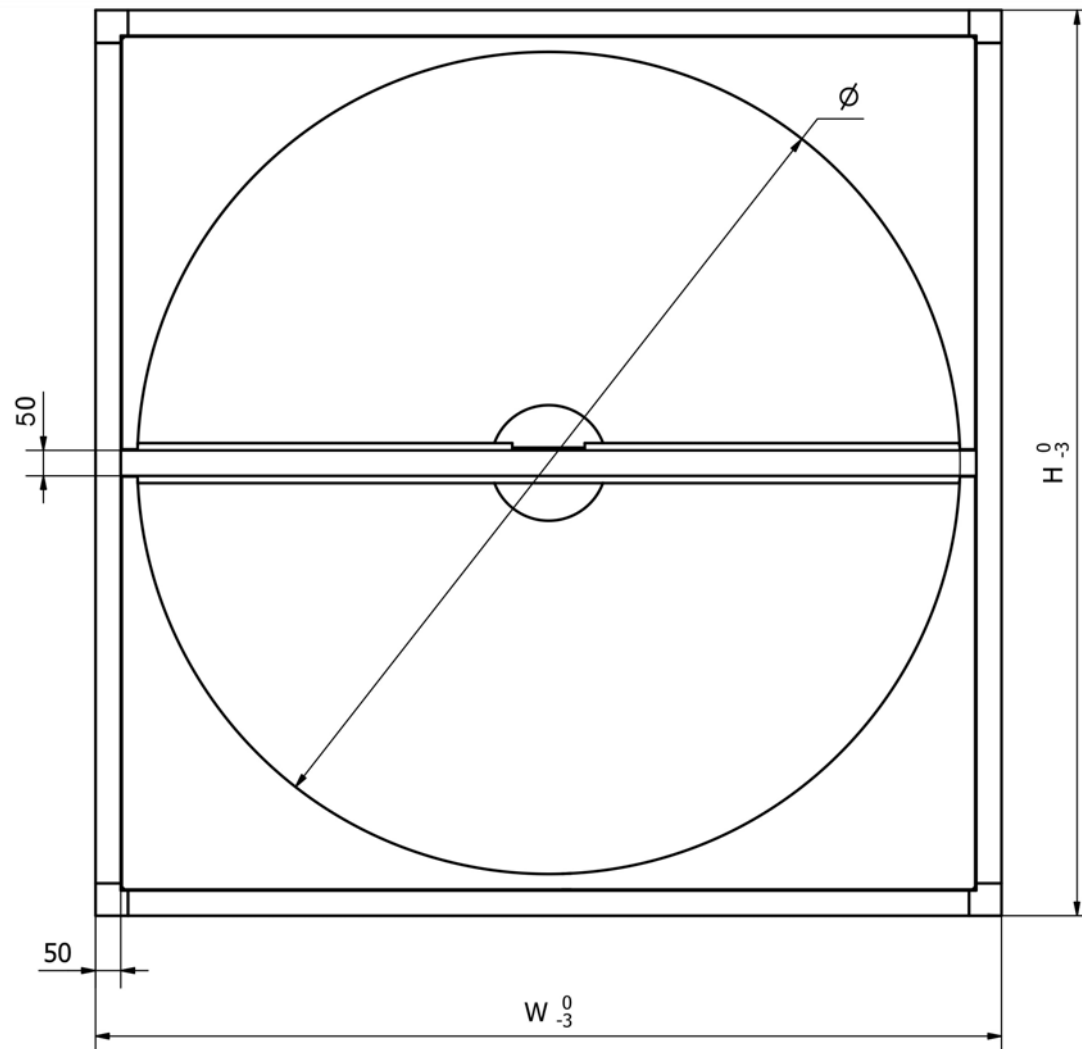
Casing		
Weight appr.	35	kg
H	500	mm
W	500	mm
L	430	mm
Purge sector	5	°

Drive unit		
Control unit	MiniMax	
Conn. Voltage	1x230 V	
Frequency	50 Hz	
Motor	SPG40-3V	0,04 kW
Conn. Voltage	3x220 V	
Rated current	0,39 A	


Options		
---------	--	--



Inspection side



Tolerance according to ISO 2768-m							
0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-400	>400-1000	>1000-2000	>2000-4000
±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2

Material:			Replaces:		
Designer:	Date:	Checked:	Status:	Tolerance if otherwise not stated: ISO 2768-m	
14.06.2018					
			Description:		
			SH1-SL-WH-0300-C-V2-M1-5		
Drawing no.:			Scale:	Revision:	Page:

Rotor Ø	D	H	W	L
300	200	500	500	430

# ANEXO AI

